



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ANTTI VÄRRI
TIETOMALLINTAMISEN AIHEUTTAMAT
MUUTOSTARPEET SUURTEN INFRARAKENNUS-
HANKKEIDEN TUOTANNONOHJAUKSEEN

Diplomityö

Prof. Miia Martinsuo
hyväksytty tarkastajaksi
talouden ja rakentamisen
tiedekuntaneuvoston kokouksessa
14. tammikuuta 2015

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tuotantotalouden koulutusohjelma

VÄRRI, ANTTI: Tietomallintamisen aiheuttamat muutostarpeet suurten infrarakennushankkeiden tuotannonohjaukseen

Diplomityö, 62 sivua

Elokuu 2015

Pääaine: Teollisuustalous

Tarkastaja: professori Miia Martinsuo

Avainsanat: Tietomallintaminen, tietomalli, BIM, infrarakentaminen, tuotannonohjaus

Tietomallintaminen on rakennusalaalla varsin uusi asia, johon kohdistuu suuria odotuksia. Suurin osa tietomallintamista käsittelevää kirjallisuutta keskittyy kuitenkin talonrakentamiseen ja suunnitteluun, ja infrarakentaminen ja rakennusvaiheen tuotannonohjaus ovat alueita, joita on tietomallintamisen näkökulmasta käsitelty vielä varsin vähän. Tässä työssä kartoitettiin niitä muutoksia, mahdollisuuksia ja ongelmakohtia, joita tietomallien käyttöönotto suurten infrarakennushankkeiden tuotannonohjaukseen toisaalta aiheuttaa ja toisaalta tarjoaa. Tarkoituksena oli paikallistaa kehitystarpeet työn kohdeyrityksessä.

Tutkimus suoritettiin laadullisena tapaustutkimuksena. Koska tietomallintaminen on vielä varsin uusi ja vakiintumaton kenttä, kirjallisuusosio rakentui pitkälti uusimpien tieteellisten artikkelien varaan. Lisäksi hyödynnettiin kohdeyrityksen toimintajärjestelmää ja aiemman pilottihankkeen raporttia. Haastatteleamalla kohdeyrityksestä valitun hankkeen toimihenkilöstöä hankittiin tietoa todellista tilanteesta tietomallien käyttöönoton suhteen kohdeyrityksessä. Nykytilanteen ymmärtämisen apuna käytettiin kahta kirjallisuudessa esitettyä tietomallintamisen maturiteettimallia.

Nykytilannekartoituksen tuloksena havaittiin tietomalleja käytettävän kohdehankkeella koneohjausmallien luomiseen, määrälaskentoihin ja alempien rakennekerrosten laadunvalvonnan keventämiseen. Jatkossa tietomallintamisen todettiin tulevan vaikuttamaan kaikkiin tuotannonohjauksen osa-alueisiin. Välittömästi tarvittaviksi toimenpiteiksi tunnistettiin tietomallitoiminnan riittävä resursointi, soveltuvien kenttätyökalujen hankkiminen ja ohjelmistojen kehittäminen sekä koulutus näiden jokapäiväiseen käyttöön. Keskipitkän aikavälin toimenpiteitä ovat yleisen ymmärryksen tietomallintamisen tarjoamista mahdollisuuksista lisääminen, tuotannonohjausmenetelmien päivittäminen ja kattava koulutus uusiin menetelmiin ja työkaluihin.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Industrial Engineering and Management

VÄRRI; ANTTI: The Needs for Change in the Production Management of Large Infrastructure Construction Projects Caused by Building Information Modelling

Master of Science Thesis, 62 pages

August 2015

Major: Industrial Management

Examiner: professor Miia Martinsuo

Keywords: Building Information Modelling, BIM, production management, infrastructure construction

Building Information Modelling (BIM) is a rather new phenomenon in construction, loaded with high expectations. Largely the literature discussing BIM is concentrated on the design phase and buildings, while infrastructure and the production management in construction phase have not received as much attention. In this work the changes, possibilities and problems that will rise from the utilizing BIM in the production management of large infrastructure projects were mapped out. The aim was to find the development needs of the company.

The study was carried out as a qualitative case study. As BIM is a relatively new and unestablished field, the literature review was largely based on the newest scientific articles. The operation manual of the target company and the report of a previous pilot project were used as document-based data in the empirical study. To gather information of the current situation regarding the use of BIM in the target company the project personnel of a ongoing project were interviewed. Two BIM maturity models found in the literature were utilized to better understand the current situation.

As a result of the mapping it was found that BIM is currently utilized on the target project for the creation of models for the control of construction machinery, in quantity take-offs and to simplify the quality control of the lower layers. It was noted that in the future BIM will affect all sectors of production management. The following issues were recognized as immediate needs for improvement: resourcing for BIM activities, purchasing and developing adequate field tools and software and training for the everyday use of the aforementioned. Development needed in the middle-term includes greater general understanding of the possibilities of BIM in the organization, the updating of the production management procedures and comprehensive training in the use of the new tools and procedures.

ALKUSANAT

Mutkissa tämän diplomityön syntytaipaleella vaihtuvine tilaajineen ja aiheineen olisi ainesta vähintäänkin novelliin, mutta tämän vihdoinkin loppuun saatetun kirjoitusurakan päätteeksi en aio ainakaan aivan heti siihen työhön ryhtyä. Todettakoon vain, että vanha sanonta ”Kolmas kerta toden sanoo” on jälleen kerran osoittautunut valitettavan paikkansapitäväksi.

Sen sijaan haluan kiittää työn tilannutta Skanska Infra Oy:tä ja erityisesti diplomi-insinööri Kyösti Ratiaa, jonka suosiollisella ohjauksella tämäkin kivireki viimein saatiin vauhtiin joka riitti loppuun saakka, sekä professori Miia Martinsuota, jonka tarjoamat kritiikki ja ajatukset auttoivat viemään myös sisällön perille asti.

Kiitokset kuuluvat myös Vt 19 Seinäjoen ohitustien työmaan projektihenkilöstölle, joka ilman suurempaa vastustelua antautui tutkimuskohteekseni, sekä muille tietoa ja tukeaan työn tekemiseen antaneille.

Tampereella,

3. päivänä heinäkuuta 2015,

Antti Värri

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	i
ABSTRACT	ii
ALKUSANAT	iii
SISÄLLYS	iv
TERMIT JA NIIDEN SELITYKSET	vi
1. JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset	2
1.3 Tutkimusote ja -menetelmä	2
1.4 Työn sisältö ja rakenne	3
2. TIETOMALLIT INFRARAKENTAMISESSA	5
2.1 Mikä rakentamisen tietomalli on	5
2.2 Tietomallien käyttötarkoitukset ja edut	6
2.3 Tietomallien ongelmakohtia ja riskejä	9
2.4 Tietomallit ja infrarakentaminen	15
2.5 Tuotannonohjaus infrahankkeissa	17
3. TIETOMALLINTAMISEN MATURITEETTIMALLIT	20
3.1 Yleistä maturiteettimalleista	20
3.2 Tietomalliparadigmat	20
3.3 Bilal Succarin tietomallikehys	21
4. KOHDEYRITYS JA SEN PROJEKTIHALLINTA	26
4.1 Kohdeyrityksen esittely	26
4.2 Kohdeyrityksen toimintamalli ja rakentamisen prosessikuvaus	26
4.3 Kohdehankkeen yleiskuvaus	29
4.4 Pilottihanke ja sen tulokset	29
5. TUTKIMUKSEN SUORITUS	31
5.1 Tutkimusmenetelmän yleiskuvaus	31
5.2 Haastattelukysymysten valinta	32
5.3 Haastateltavien valinta	32
5.4 Haastattelujen toteutus	33
5.5 Aineiston käsittely	34
6. NYKYTILANNE KOHDEPROJEKTILLA	35
6.1 Tietomallien käyttö työmaalla	35
6.2 Työmaan ongelmat tietomallien käytössä	36
6.3 Mahdolliset tulevat käyttökohteet	37
6.4 Henkilöstön käsitykset tietomallitoiminnasta	38
6.5 Tietomallien käyttöympäristö nyt ja tavoitetilassa	39

7. NYKYTILAN JA KEHITYSTARPEIDEN ANALYYSI	42
7.1 Kohdeyrityksen tietomalliparadigma	42
7.2 Kohdeyritys Succarin maturiteettimatriisissa	42
7.3 Tilaajan ja hankintamuotojen vaikutus	45
7.4 Muutospaineet tuotannonohjauksen osa-alueisiin	47
7.5 Kehitystarpeet kohdeyrityksessä	49
8. TULOSTEN TARKASTELU	53
8.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin	53
8.2 Kritiikki ja heikkoudet	54
8.3 Huomioita aiempaan kirjallisuuteen verrattuna	55
8.4 Aiheita lisätutkimuksille	56
9. PÄÄTELMÄT	58
LÄHTEET	60

TERMIT JA NIIDEN SELITYKSET

BIM	Building Information Model, Building Information Modelling. Rakenteen tai rakennuksen tietomalli, tietomallintaminen.
IFC	Industry Foundation Classes. Taitorakenteiden tietomalliformaatti.
InfraModel 3	Väylärakenteiden tietomalliformaatti.
IPD	Integrated Project Delivery, integroitu projektituotanto.
Koneohjaus	Työkoneautomaatio, kolmiulotteisen toteutusmallin avulla toteutettu työkoneiden ohjaus.

1. JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tutkimus tehdään Skanska Infra Oy:n suuriin infrarakennushankkeisiin keskittyvän väyläyksikön toimeksiannosta. Tietomallien käyttöönotto suurilla infrarakennushankkeilla on alkanut Suomessakin Liikenneviraston vetämänä, ja Skanska Infralla on käynnissä ja käynnistymässä projekteja, joissa sitä käytetään. Asia on kuitenkin vielä hyvin uusi, ja tutkimusta ja lisätietoa asiasta tarvitaan niin Skanska Infrassa kuin muissakin infrarakennusalan yrityksissä.

Tietomallintaminen on lähtenyt, kuten moni muukin asia rakennusosalalla, liikkeelle talonrakennuksen puolelta. Aiheesta on viime vuosina kirjoitettu akateemisissakin julkaisuissa paljon, mutta kirjallisuuden pääpaino on ollut talonrakentamisessa, ja sielläkin ennen kaikkea suunnitteluprosessissa. Tietomallintamisen hyödyntäminen itse rakennusvaiheessa ja työmaalla – samoin kuin käyttö- ja ylläpitovaiheessa – on jäänyt huomattavasti vähäisemmälle huomiolle, puhumattakaan sen käytöstä infrahankkeiden toteutusvaiheessa.

Tietomallintamisen käytöstä infrahankkeissa ei ole juurikaan kokemusta Suomesta eikä vielä kovin laajasti ulkomailtaakaan. Monilla tahoilla odotetaan tietomallintamisen tuovan huomattavia muutoksia koko rakennusosalalle, ja osa näistä muutoksista tulee kohdistumaan myös työmaiden tuotannonohjaukseen. Millaisia muutospaineita infrahankkeiden tuotannonohjaukseen tietomallien käyttöönotto aiheuttaa on aihealue, josta tietoa on saatavissa vähän ja hajanaisesti, ja tuota aukkoa tämä tutkimus pyrkii osaltaan paikkaamaan.

Tämä diplomityö liittyy Skanska Infran opinnäytetöinä teettämään tietomallintamista koskevien tutkimusten sarjaan. Se lähestyy tietomallintamista nimenomaan tuotannonohjauksen ja suurten väylähankkeiden näkökulmasta. Tietomallintamisen käyttöönotto on Skanska Infrassa pisimmällä suurissa väylähankkeissa, ja niissä sen odotetaan näyttävän myös merkittävintä osaa tulevaisuudessa.

1.2 Tavoitteet, tutkimuskysymykset ja rajaukset

Tässä työssä kartoitetaan niitä muutoksia, mahdollisuuksia ja ongelmakohtia, joita tietomallien käyttöönotto suurten infrarakennushankkeiden tuotannonohjaukseen toisaalta aiheuttaa ja toisaalta tarjoaa. Sen tarkoituksena on paikallistaa Skanska Infran nykyisten tuotannonohjausmenetelmien ja työkalujen kehitystarpeita edellä mainitut muutokset huomioon ottaen. Työtä on tarkoitus käyttää myöhemmin taustana ja pohjana Skanska Infran tarkempaa tietomallintamisen kehityssuunnitelmaa laadittaessa.

Edellä mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi on muodostettu seuraavat tutkimuskysymykset, joihin tämän työn puitteissa pyritään vastaamaan:

1. Mitä muutospaineita tietomallit kohdistavat suurten maarakennushankkeiden tuotannonohjaukseen ja sen eri osa-alueisiin?
2. Mitkä osat Skanska Infran nykyisissä tuotannonohjausmenetelmissä ja työkaluissa vaativat uudelleentarkastelua näiden muutospaineiden vuoksi? ja
3. Mitä toimenpiteitä Skanska Infrassa tarvitaan?

Työ tulee olemaan luonteeltaan pitkälti yhteen yritykseen kohdistuva tapaustutkimus, mikä rajoittaa tulosten yleistä soveltuvuutta. Kuitenkin työssä pystytään identifioimaan kehityskohteita ja ongelmia, jotka ovat alan yrityksillä tällä hetkellä pitkälti yhteisiä, ja joita voidaan näin ollen yleisemminkin käyttää pohjana jatkokehitykselle ja -tutkimukselle, vaikkei niiden yleisyyttä tämän tutkimuksen puitteissa voidakaan todentaa.

Työssä tarkastellaan tilannetta Suomessa ja Skanska Infran näkökulmasta. Siinä keskitytään pääasiassa väylärakentamiseen, sillanrakennusta ja muita liittyviä aloja sivutaan enemmän yhteensovittamisen ja liittymäkohtien osalta. Edelleen kohteena ovat ennen kaikkea suuret, kymmenien miljoonien eurojen hankkeet, pienempien työmaiden erityisongelmia ei käsitellä.

1.3 Tutkimusote ja -menetelmä

Tutkimus tehdään laadullisena tapaustutkimuksena. Tutkimusmateriaalina käytetään Skanska Infran toimintajärjestelmää, aiemman pilottiprojektin loppuraporttia ja haastatteluin tutkimuksen kohdejoukolta kerättyä aineistoa. Kirjallisuusosio pyritään rakentamaan uusimman peer review -tasaisen tutkimuksen varaan.

Rakennusala on luonteeltaan projektitoimintaa, jossa yksikään hanke ei ole koskaan täysin toisen kaltainen. Erityisen hyvin tämä pätee suuriin väylähankkeisiin, jotka ovat aina hyvin uniikkeja jo sijaintinsa ja kokonsa vuoksi. Työmaiden organisaatiot kootaan yleensä juuri kyseistä kohdetta varten, ja jakautuvat sen valmistuttua uusiin kohteisiin. Näistä syistä rakennusala on luontevaa lähestyä tapaustutkimuksen kautta, ja se näyttääkin olevan vallitseva lähestymistapa etenkin tietomallintamisen käytännön sovelluksia tarkastelevassa kirjallisuudessa kyselytutkimusten ohessa.

Koska tietomallit ja niiden käyttö ovat varsin uusi asia, niiden käyttökokemuksista työmaaloissa Suomessa ei ole juuri lainkaan tietoa saatavilla. Tästä syystä tietoa päädyttiin keräämään haastatteluin suoraan työmaalta. Kohdetyömaaksi valittiin Skanska Infran tietomallintamisen käyttöönotossa pisimmällä oleva projekti ja sen projektihenkilöstö. Lisäksi materiaalina käytettiin aiemmin toteutetun pilottiprojektin loppuraporttia.

1.4 Työn sisältö ja rakenne

Työn sisältö on lyhyesti kuvattuna seuraavanlainen. Luvussa 2 tarkastellaan erilaisia kirjallisuudessa esiteltyjä käsityksiä siitä, mitä tietomallit ylipäättänsä ovat, ja mitä hyötyjä niiden käytöllä tavoitellaan. Samoin tutustutaan niihin riskeihin ja ongelmiin, joita niiden käyttöönottoon liittyy, ja kritiikkiin, jota niitä kohtaan on esitetty. Luvun loppupuolella käsitellään sitä, mikä niiden käytön tämänhetkinen tila suomalaisessa infrarakentamisessa on, mitä erityispiirteitä infrarakentamiseen ja mallien käyttöön siinä liittyy. Lopuksi käydään läpi infrarakentamisen tuotannonohjauksen osa-alueet.

Luvussa 3 käsitellään tietomallintamisen maturiteettimalleja, joiden avulla kuvataan sitä, miten pitkällä tietomallien käytössä ollaan, ja esitellään työssä sovellettavat maturiteettimallit. Luvussa 4 kerrotaan kohdeyrityksestä, jonka toimeksiannosta työ on tehty ja sen tuotannonjausjärjestelmästä. Lisäksi esitellään sekä kohdehanke, johon työssä on paneuduttu, että lyhyesti aiemmin toteutettu pilottihanke.

Luvussa 5 kuvataan itse tutkimuksen suoritus. Ensiksi esitellään tutkimusmenetelmäksi valittu teemahaastattelu ja miksi sen käyttöön päädyttiin. Lisäksi käydään läpi miten haastattelukysymykset valittiin, miten haastateltavat henkilöt valittiin, miten haastattelut toteutettiin ja miten saatua aineistoa käsiteltiin.

Luvussa 6 käydään läpi mitä haastatteluista saatiin irti: mihin tietomalleja työmaalla käytetään, mitä ongelmia niiden käyttöön liittyy, mihin niitä tulevaisuudessa voi-

taisiin käyttää. Luvussa 7 analysoidaan kohderityksen tilannetta edellisten lukujen pohjalta. Luvussa katsotaan tilannetta maturiteettimallien kautta, pohditaan tilaajien ja hankintamuotojen vaikutusta, tarkastellaan muutoksia eri tuotannonohjauksen osa-alueisiin ja lopuksi annetaan toimenpidesuositukset kohdeyritykselle.

Luvussa 8 tarkastellaan luvussa 7 esitettyjä tuloksia ja tehdään vertailuja muihin alan tutkimuksiin. Lisäksi mietitään työn heikkouksia ja mahdollisia uusia tutkimuskohteita, jotka työn perusteella näyttäisivät olevan tutkimisen tarpeessa. Työn päättää luku 9, jossa esitetään tiivistetysti työssä tehdyt päätelmät.

2. TIETOMALLIT INFRARAKENTAMISESSA

2.1 Mikä rakentamisen tietomalli on

Rakennusten ja rakenteiden tietomallintaminen, englanniksi Building Information Modelling, joka usein lyhennetään Suomessakin kirjainyhdistelmällä BIM, on käsitteenä uusi, laaja, ja vaikka yleisesti käytössä, ei sisällöltään vielä aivan vakiintunut. Aiheeseen liittyy paljon samankaltaisia tai toisiaan lähellä olevia termejä, ja riippuu paljonkin käyttäjästä, mitä niillä tarkalleen milloinkin tarkoitetaan. Tämä näkyy hyvin myös aiheeseen liittyvässä kirjallisuudessa.

Esimerkiksi Aranda-Mena et al. (2009) toteavat BIM:in olevan epämääräinen termi, joka tarkoittaa eri asioita eri ammattilaisille, mitä käsitystä katsovat myös kenttä-tutkimuksensa tukevan, ja jakavat sekaannukseen kolmeen eri tasoon:

1. Yksille BIM on ohjelmistosovellutus;
 2. Toisille rakennusinformaation tuotannon ja tallentamisen prosessi; ja
 3. Kolmansille kokonaan uusi lähestymistapa alan harjoittamiseen ja edistämiseen, joka vaatii täysin uusien toimintatapojen käyttöönottoa.
- (Aranda-Mena et al. 2009 s. 420)

Barlish ja Sullivan (2012) toteavat, että aihepiiristä on julkaistu toista tuhatta kirjoitusta, ja useimmat niistä määrittelevät BIM:n kukin omalla tavallaan, mikä taas voi johtaa väärintulkintoihin lukijain puolella (s. 149). He katsovat, että ei ole olemassa minkäänlaista yhteistä käsitystä BIM:n määritelmästä tai konsensusta siitä, mitä seurauksia sen käytöstä on rakennushankkeen eri osapuolille. Määritelmien suuri määrä kuvaa heidän mukaansa sitä, miten suuri sekaannus BIM ja sen mahdollisten etujen ympärillä vallitsee (s. 150). (Barlish & Sullivan 2012)

Miettisen ja Paavolan (2014, s. 84) mukaan ei ole olemassa tyydyttävää määritelmää sille, mitä rakentamisen tietomallit (BIM) ovat ja katsovat sen sijaan, että niitä pitää tarkastella moniulotteisina, muuttuvina ja kompleksisina ilmiöinä. Love et al. (2013, s. 211) toteavat, että BIM:n ja sen käyttökohteiden muuttuvan luonteen vuoksi sen sisältökin on jatkuvassa muutoksessa. Daviesin ja Hartyn (2013)

tutkimuksessa mukana olleet puhuvat mieluummin rakentamisen tiedonhallinnasta (building information management), josta mallintaminen on vain yksi osa (s. 16).

Penttilä (2006) rinnastaa termit ”building product modelling”, ”product data modelling” sekä ”building information modelling” ja määrittelee näiden tarkoittavan metodologiaa keskeisen suunnitelma- ja projektitiedon hallitsemiseksi digitaalisessa muodossa läpi rakennuksen elinkaaren (s. 403). Succar (2009, 2010) käyttää omassa laajalti kehittelemässään ”BIM Framework”:ssa Penttilän määritelmää (Succarin kehyksestä tarkemmin luvussa 3.3), ja myös eräät muut tutkijat, kuten Wong et al. (2010) ovat ottaneet Penttilän määritelmän käyttöönsä.

Suomalainen RT-ohjekortti (RT 10-10992 2010, s. 1) antaa seuraavan määritelmän: ”Tietomallintamisella (BIM, Building Information Modelling) ja mallintavalla suunnittelulla tarkoitetaan sellaista 3D-malleihin perustuvaa suunnittelua, jossa malleihin on sisällytetty myös muuta kuin rakennuksen muotoa kuvaavaa tietoa.” Tämä määrittely on suppeampi kuin Penttilän (2006) yllä mainittu määritelmä, mutta ei ristiriidassa sen kanssa, joten sen voi katsoa sisältyvän osakokonaisuutena Penttilän määritelmän tarkoittamaan tietomallintamiseen.

Koska tässä työssä sovelletaan myöhemmin (luvut 3.3 ja 7.2) Bilal Succarin ”BIM Frameworkia”, joka käyttää Penttilän (2009) määritelmää, joka ei ole ristiriitainen Suomessa yleisesti käytettyjen RT-korttien määritelmän kanssa, käytetään tässä työssä Penttilän määritelmää. Terminä rakentamisen tietomalleille ja mallintamiselle, Building Information Modelling, käytetään lyhyesti termejä tietomalli ja tietomallintaminen. Nämä termit ovat käytössä myös tämän työn kohdeyrityksessä.

2.2 Tietomallien käyttötarkoitukset ja edut

Tietomallien laajamittaista käyttöönottoa perustellaan niiden eduilla perinteiseen toteutustapaan verrattuna. Yleensä nämä edut liittyvät tuottavuuteen ja tiedonhallintaan. Esimerkiksi Taylor ja Bernstein (2009) mainitsevat tietomallien tarjoavan valtavan edistysaskeleen projektien tuottavuudessa verrattuna edellisiin CAD-tekniikan kehitysvaiheisiin (s. 69). Tähän lukuun on koottu tietomallintamisen tuomiksi eduiksi luettavia asioita muutamista yhteenvetävistä tutkimuksista. Koska suuri osa tietomalleja käsittelevää kirjallisuutta keskittyy suunnitteluasioihin, yleensä myös esiin nostetut edut ovat ennen kaikkea suunnitteluun liittyviä.

Shou et al. (2014) kävivät läpi 42 löytämäänsä tietomalliohjetta ja –standardia eri puolilta maailmaa, ja vetivät niistä yhteen niissä esille nostetut erilaiset tietomallien käyttötarkoitukset. Nämä löydetyt 33 eri käyttötarkoitusta on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1: Tietomallien käyttötarkoitukset yhteenvetona 42:sta tietomalliohjeesta ja -standardista. (Muokattu lähteestä Shou et al. 2014)

Hanke- ja esisuunnittelu	Suunnittelu	Rakentaminen	Käyttö ja ylläpito
Olevien rakenteiden mallintaminen			
Vaihesuunnittelu			
Rakennuspaikka-analyysi			
Alueen ja koneiden käyttö			
	Suunnitelmakatselmukset		
	Suunnitelmien tuotto		
	Arkkitehtimallinnus		
	<i>Tila- ja materiaalmallit</i>		
	<i>Visualisoinnit</i>		
	<i>Koodien tarkistus</i>		
	<i>Pitkäaikaiskestävyys</i>		
	Rakennemallit		
	MEP mallit		
	<i>Energia-analyysit</i>		
	<i>Virtuaalitestaus</i>		
	<i>Valaistusanalyysit</i>		
	<i>Muut analyysit</i>		
	Määrä- ja kustannuslaskenta		
		Törmäystarkastelut	
		Rakentamistavan suunnittelu	
		Digitaalinen valmistus	
		Aikataulu- ja vaihesuunnittelu	
		Aikataulun esittäminen	
		Aluesuunnittelu	
		Nostosuunnittelu	
		Toteutumamalli	
			Käyttöönotto
			Näin tehty -malli
			Turvallisuus- ja onnettomuus-suunnittelu
			OmaisuuDENhallinta
			Huoltoaikataulut
			Systeemianalyysit
			Tilanhallinta

Kuvaavaa on, että näistä eri ohjeissa ja standardeissa esitetyistä käyttötarkoituksista vain 11 liittyy kokonaan tai osittain rakentamisvaiheeseen.

Rakentamisen aikaisiin etuihin viitataan usein, mutta mitä ne tarkemmin ottaen ovat, jää usein vähemmälle huomiolle kuin suunnitteluun liittyvät. Toki konkreettisempiakin mainintoja on: Love et al. (2012) katsovat, että tuotemallin käyttö parantaa koordinaatiota, tiedon oikeellisuutta, vähentää hukkaa, ja mahdollistaa paremman tiedon varassa tehdyt päätökset (s. 208), sekä vähentää kustannuksia ja aikataulun venymiä, korjaustöitä, työvaiheiden läpimenoaikoja ja virheitä sopimusasiakirjoissa (s. 209). Toisaalta Bryde et al. (2013) havaitsivat tutkimuksessaan, että vaikka saavutettua säästöä ajassa pidettiin toiseksi tärkeimpänä tietomallien etuna, tämä liittyi lähinnä ajansäästöön suunnitteluvaiheessa, ja vain harvoja mainintoja oli siitä, että tietomallien avulla olisi saatu ajallista säästöä itse rakennusvaiheessa (s. 977).

Becerik-Gerber ja Rice (2010) kävivät läpi joukon case-tutkimuksia tietomallintamisen käytöstä, mutta olivat tyytymättömiä siihen, että niistä saadut kokemukset olivat huonosti yleistettäviä ja kattavaa kuvaa saaduista hyödyistä ja toisaalta niihin liittyvistä kustannuksista ei voinut muodostaa (s. 186). Omassa tutkimuksessaan he havaitsivat, että suurin osa yrityksistä, jotka käyttivät tietomallintamista kaikissa projekteissaan, kertoivat sen parantaneen projektien kannattavuutta. Läpikäymistään tutkimuksista he löysivät seuraavat tietomallintamisen tuomat edut:

1. Tarkat ja ristiriidattomat suunnitelmat;
2. Varhain alkava yhteistyö;
3. Arkkitehti- ja rakennussuunnittelun synkronointi;
4. Törmäystarkastelut;
5. Mallipohjainen rakennusosien esivalmistus;
6. Tuki lean-käytännöille;
7. Tuotantoketjun hallinta.

(Becerik-Gerber & Rice 2010, s. 186)

Lisäksi Becerik-Gerber ja Rice (2010) löysivät omassa tutkimuksessaan seuraavat edut:

1. Yhteensovitettut suunnitelmat;
2. Dokumenttien laatu (vähemmän virheitä ja puutteita);

3. Alentuneet kokonaiskustannukset.
(Becerik-Gerber & Rice 2010, s. 197)

Khosrowshahi ja Arayici (2012) tutkivat tietomallintamisen käyttöä Yhdistyneessä kuningaskunnassa. Kysyttäessä Yhdistyneen kuningaskunnan rakennusalan yrityksiltä tietomalleilla saavutettavista eduista listatuiksi tulivat seuraavat:

1. Rakentamisen hallinta;
2. Tiedonhallinta;
3. Suunnittelun parantunut laatu;
4. Nopeat visualisaatisoinnit;
5. Korkealaatuinen dokumentointi;
6. Materiaalitoimittajien integrointi;
7. Nopeat suunnitelmamuutokset ja seuranta.
(Khosrowshahi & Arayici 2012 s. 630)

Lisäksi ongelmiksi, joita tietomallintaminen ratkaisee, mainittiin seuraavat:

1. Rakennusvirheiden ja niiden korjaamisen vähentäminen;
2. Materiaalihukan ja jätteen vähentäminen;
3. Parempi riskienhallinta;
4. Parempi tuotantoketjun hallinta;
5. Lean-ajattelu suunnittelussa ja rakentamisessa;
6. Parempi kiinteistönhallinta;
7. Parempi omaisuudenhallinta;
8. Parempi yhteys asiakkaisiin.
(Khosrowshahi & Arayici 2012 s. 630)

2.3 Tietomallien ongelmakohtia ja riskejä

Siinä, missä tietomallien käyttöönottoon liitetään paljon odotuksia saavutettavien etujen suhteen, liittyy niiden käyttöönottoon ja käyttöön myös riskejä. Näitäkin on kirjallisuudessa jonkin verran käsitelty, joskaan ei yhtä paljon kuin etuja, ja riskit usein sivuutetaan hyvin lyhyesti. Ongelmallista on myös se, että monet tietomalleista

saatavista eduista eivät vielä nykyisellä teknologian tasolla ja kehityksen asteella ole saavutettavissa. Barlishin ja Sullivanin (2012) mukaan vielä ei ole empiirisesti ja selvästi toteennäytetty, että tietomallien käytöstä olisi selvää etua rakennusprojektin lopputuloksen kannalta (s. 150).

Erityisesti Miettinen ja Paavola (2014) kritisoivat ankarasti tietomalleihin kohdistuja korkeita odotuksia. He määrittelevät neljä ”BIM-utopian” elementtiä, jotka kuvaavat niitä visioita ja lupauksia, joita tietomalleihin yhdistetään (s. 85). Nämä elementit ovat:

1. Yhteen tietomalliin sisällytetään, tai ainakin saatetaan tietomallityökalujen avulla helposti yhteisistä tietolähteistä noudettavaksi, kaikki oleellinen tieto, jota rakennuksen suunnitteluun ja rakentamiseen tarvitaan;
2. Tietomallista tulee yhteistyön työkalu, joka mahdollistaa uudenlaiset integroidut työtavat avoimien formaattien kautta jaetun datan yhteiskäyttöisyyden ansiosta;
3. Tietomallia ylläpidetään ja käytetään läpi rakennuksen elinkaaren; ja
4. Rakennusteollisuuden tehokkuuden ja tuottavuuden odotetaan kasvavan huomattavasti tietomallien myötä.

(Miettinen & Paavola 2014, s. 85)

Nämä elementit eivät kuitenkaan ole jääneet vaille kritiikkiä niissä käytännön tutkimuksissa, joihin Miettinen ja Paavola ovat perehtyneet, ja mainitsevat tietomallien käyttöönottoa haittaaviksi ja vääristäviksi tekijöiksi alan hajanaisuuden, osapuolten välisen vastakkainasettelun, projektien epäjatkuvuudet ja organisaatiotekijät. Edelleen heidän näkemyksensä mukaan tarvitaan laajempi kuva tietomallien käyttöönoton luonteesta ja käytännöistä, jotta näitä elementtejä voitaisiin riittävän hyvin arvostella. (Miettinen & Paavola 2014, s. 86).

Miettisen ja Paavolan (2014) lisäksi myös Love et al. (2013) kiinnittävät huomiota suuriin odotuksiin, joita tietomalleille asetetaan. Vaarana on, että tietomallit saatetaan nähdä ihmelääkkeenä, joka taianomaisesti nostaa organisaation ja projektin suorituksen uudelle tasolle. Tämä on riskinä etenkin, kun ohjelmistotoimittajat myyvät tuotteitaan korkein lupauksin ja hienoin visualisoinnein, mutta se tuki ja koulutus, jota he tarjoavat, onkin riittämätön tuomaan kaikkia niitä etuja, joita on lupailtu. (Love et al. 2013, s. 214)

Becerik-Gerber ja Rice (2010) havaitsivat kiinteistöhoito- ja turvallisuusanalyysien kuuluvan asioihin, joihin tietomalleja oli vähiten käytetty toteutetuissa projekteissa (s. 192). Teollisuudella oli myös ongelmia siirtää tietomallien käyttöönoton ja käytön

kustannuksia tilaajille (s. 194). Tietomallit eivät tuoneet säästöjä henkilöstö- tai tilakustannuksiin (s. 194). (Becerik-Gerber & Rice 2010)

Tietomallien sanottuihin hyötyihin tuo näkökulmaa myös se, että El-Mashaleh et al. (2006) tutkiessaan tietotekniikan käytön vaikutusta rakennusyritysten kannattavuuteen Yhdysvalloissa toteavat, että on vaikeaa erottaa sitä, johtuuko toiminnan tehostuminen tietotekniikan käytöstä vai siitä, että projektiin on kohdistettu johdon puolelta suurempaa huomiota (s. 499). Saman tutkimuksen tuloksissa todetaan, että vaikka havaittiin vahva korrelaatio tietotekniikan käytön ja kustannus- ja aikataulusuorituksen välillä, tietotekniikan käytön ja kannattavuuden välillä ei ollut korrelaatiota (s. 505). Tietotekniikan käytöllä ei myöskään havaittu positiivista vaikutusta asiakastyytyväisyyteen tai turvallisuuteen (s.506). (El-Mashaleh et al. 2006)

Tietomallien käyttöön liittyy myös riskejä. Azhar (2011, s. 250) jakaa riskit kahteen kategoriaan: sopimusjuridisiin ja teknisiin. Ensimmäisestä ryhmästä esille nostetaan tekijänoikeuskysymykset, toisena vastuut mallin päivittämisestä ja tiedon oikeellisuudesta, kolmantena vastuurajojen hämärtäminen kun useampi taho muokkaa mallia. Teknisistä mainitaan esimerkkinä ongelmat tiedonsiirrossa ja rajapinnoissa liittyen aikataulu- ja kustannustietoon. Ratkaisuksi riskien vähentämiseen esitetään integroitua projektitoimitusmallia (IPD). Integroitumisen riskinä on kuitenkin se, että kriittiset näkökulmat ja perinteisiin toteutusmalleihin sisäsyntyisesti kuuluvat riskien ja ongelmien tarkastelut jäävät vähemmälle, jos kaikki tuntevat olevansa osayhtä tiimiä. (Azhar 2011, ss. 250-251)

Liian vähälle huomiolle ovat Loven et al. (2013) mukaan jääneet ne organisaation ja henkilöstöön kohdistuvat haitat, jota tietomallien käyttöönotosta voi olla, kuten oppimiskäyrät, muutosvastarinta, muutoksen tuoma stressi, käyttäjien opetteluvaheen virheet ja normaalien toimintojen häiriintyminen. Yleensä kirjallisuudessa on keskitytty teknisiin ja taloudellisiin riskeihin, vaikka henkilöstö- ja organisaatiotekijöistä aiheutuvat epäsuorat kustannukset voivat olla paljon suuremmat kuin suorat kustannukset. Myös tietomallien omaksuminen voi johtaa kustannuksiin, kun entistä koulutetummat ja laajemman työnkuvan hallitsevat työntekijät haluavat palkankorotuksia – tai lähtevät töihin kilpailijalle vieden kalliisti maksetun tietotaidon mennessään. (Love et al. 2013, s. 214)

Dossick ja Neff (2010) ovat tutkimuksessaan tulleet siihen johtopäätökseen, että tietomalli yksin ei ole riittävä keino yhteistoiminnan lisäämiseen, vaan vaikka tietomallit kytkevät projektin osapuolet teknologisesti tiukemmin yhteen, organisaatioiden väliset rajanvedot säilyvät ja ajantasainen pääsy tietoihin ja päätöksiin voi puuttua.

Tietomallit kyllä antavat mahdollisuuden läheisempään yhteistyöhön ja tiedonvaihtoon, mutta päätöksenteko on edelleen vanhojen organisaatiomallien mukainen, ja tiedonkulku nojaa vahvasti yksilöiden välisiin suhteisiin ja yksilölliseen johtajuuteen. (Dossick & Neff, 2010, s. 460)

Porwal ja Hewage (2013) katsovat tietomallien tuomiksi uusiksi riskeiksi esimerkiksi sen, että yksi toimija saattaa olettaa toisen malliin tuoman tiedon oikeaksi tai tarkemmaksi kuin se onkaan. Toinen riskitekijä on tekninen: ohjelmistot saattavat toimia väärin, ja tällöin herää myös kysymys siitä, kuka on vastuussa kun on toimittu ohjelman tuottaman virheellisen tiedon varassa. Myös tekijänoikeuskysymykset, vastuut ja asiakirjojen käyttö ovat asioita, joita nykyisissä sopimusmalleissa ja -pohjissa ei riittävästi käsitellä. (Porwal & Hewage 2013, s. 207)

Tutkiessaan Yhdistyneen kuningaskunnan rakennusyritysten tietomalliosaamista Khosrowshahi ja Arayici (2012) listasivat tekemänsä kyselyn perusteella seuraavat esteet yritysten siirtymiselle Succarin kehiksen (luku 3.3) kyvykkyytasolta 1 tasolle 2:

1. Tietomalleja ei tunneta tarpeeksi hyvin;
2. Vastahakoisuus aloittaa uusia työtapoja tai kouluttaa henkilökuntaa;
3. Tietomallien tuomat edut eivät kata käyttöönoton kustannuksia;
4. Tietomallien tuomat edut eivät ole riittävän konkreettisia;
5. Tietomallit eivät tarjoa riittävää taloudellista tuottoa;
6. Ei ole pääomaa investoida laitteistoon ja ohjelmistoihin;
7. Tietomallit ovat liian riskialttiita vastuunäkökulmasta;
8. Vastarinta kulttuurin muutokseen; ja
9. Tietomallien käytölle ei ole kysyntää.

(Khosrowshahi & Arayici 2012 ss. 623-624)

Tutkiessaan tietomalliaiheista kirjallisuutta Gu ja London (2010) ovat löytäneet seuraavia esteitä tietomallien käyttöönotolle:

1. Rakennusalan sirpaleinen luonne;
2. Teollisuuden haluttomuus muuttaa nykyisiä työskentelykäytäntöjä ja epärointi oppia uusia konsepteja ja teknologioita;
3. Epäselvyydet roolien, vastuiden ja hyötyjen jaossa.

(Gu & London 2010 s. 988)

Tekemiensä haastattelujen perusteella Gu ja London (2010) katsovat, että toimijoille näyttäisi olevan epäselvää, miten tietomallit voitaisiin integroida nykyisiin toimintamalleihin. Väärinkäsityksenä he pitävät sitä, että koko toimintamalli pitäisi muuttaa, jotta tietomallit voitaisiin ottaa käyttöön, ja tämän he arvelevat johtuvan siitä, että käyttäjät eivät ymmärrä, että tietomallia voidaan käyttää vain osissa projektin elinkaarta tarpeiden mukaan. (Gu & London 2010 s. 993) Myös Hartmann et al. (2012) katsovat, että nykyiset parhaat käytännöt soveltuvat hyvin tietomallien käytön lähtökohdaksi, ja että kehitys voi olla asteittaista, lähtien liikkeelle alemman tason prosesseissa ja edeten hitaammin kohti vasta korkeammalla tasolla saavutettavia etuja (s.606, s. 611).

Arayici et al. (2011) taas katsovat, että ei ole melkein joka tasolla tarvitaan huomattavia muutoksia, mikäli tietomallintaminen aiotaan saada käyttöön tehokkaasti (s. 190). Toisaalta he tulevat myös siihen johtopäätökseen, että käyttöönoton pitäisi olla alhaalta-ylös, ei ylhäältä-alas -toimintamallia noudattava prosessi, jotta:

1. Ihmiset lähtevät mukaan käyttöönottoon;
 2. Henkilöstön osaaminen lisääntyy ja yhtiön sitä myötä;
 3. Toimiva muutoksenhallinta varmistuisi; ja
 4. Muutosvastarinta minimoituisi.
- (Arayici et al. 2011, s. 194)

Samassa artikkelissaan Arayici et al. (2011) ovat löytäneet kirjallisuudesta seuraavia esteitä tietomallien käyttöönotolle, erityisesti Yhdistyneen kuningaskunnan rakennussektoria ajatellen:

1. Muutosvastarinta ja tietomallien etujen ymmärtäminen verrattuna kaksiulotteisiin suunnitelmiin;
 2. Lean-prosesseihin siirtyminen nykytyötavoista;
 3. Tietomalliosaavan henkilöstön löytäminen tai kouluttaminen;
 4. Nopeiden tietoverkkojen ja tietomalliohjelmistojen tarvitsemien tehokkaiden laitteiden tarpeen ymmärtäminen;
 5. Riittävän yhteistyön, integraation ja yhteiskäyttöisyyden luominen;
 6. Osapuolten vastuiden selkeä ymmärtäminen, myös esimerkiksi vakuutusten kannalta.
- (Arayici et al. 2011 s. 189)

Tietomallien teoriasta väitellyt Bilal Succar (luku 3.3) määrittelee tietomalliasioita käsittelevässä, väitöskirjatyötään selittävässä blogissaan käsitteen ”BIM Wash”, joka voitaneen kääntää ”BIM-pesu” tai ”tietomallisumutus”, viitaten käsitteisiin ”valkopesu” ja ”viherpesu” (Succar 2011). Tietomallisumutuksesta on kyse silloin, kun kuva, joka tietomalliosaamisesta annetaan, on huomattavasti suurempi ja kauniimpi kuin osaamisen tosiallinen taso. Hän määrittelee myös tietomallisumutukselle neljä tasoa:

1. *Sekaannus* eli tahaton sumutus, kun tietomalleja ja niiden vaatimuksia ei ymmärretä tai ne sekoitetaan aivan muuhun, tyypillisesti CAD-suunnitteluun;
2. *Kokemattomuus* eli matalan tason sumutus, kun vain vähäiset tai helpoiten saavutettavat tietomallien edut esitetään saavutuksina;
3. *Liioittelu* eli keskitason sumutus, kun todellista osaamista liioitellaan kohtuuttomasti, kuten esitettäessä yhden projektin paikalliset saavutukset koko organisaation kattavina; ja
4. *Illuusio* eli rankka sumutus, kun osaamista ei ole lainkaan mutta korkeaa osaamistasoa esitellään siitä huolimatta.
(Succar 2011)

Merkittävä ongelma tietomallien käyttöönotossa näyttää olevan se, että sellaisia työkaluja ja ohjelmistoja, jotka täyttäisivät asetetut odotukset, ei yksinkertaisesti ole olemassa. Myös vasta julkaistuissa Yleisissä inframallivaatimuksissa todetaan suoraan, että ”Tällä hetkellä mikään suunnitteluohjelmisto ei suoraan tuota täysin vaatimusten mukaisia malleja” (Snellman 2015). Hartmann et al. (2012) pitävät ongelmana sitä, miten tällä hetkellä tietomallitoiminnalle on tyypillistä se, että käytetään monenlaisia malleja, joihin kuhunkin liittyy oma valikoima työkalujaan (s. 606).

Sacks et al. (2010) toteavat tuotannonohjauksen jääneen tutkimuksessa ja ohjelmistokehityksessä vähäiselle huomiolle (s. 643). Suurena haasteena he näkevät tietomallien integroimisen työmaatasolla ilman, että se aiheuttaisi ylimääräistä, tehokkuutta ja turvallisuutta vaarantavaa kuormitusta työnjohtajille ja työntekijöille (s. 644). Gu ja London (2010) käydessään läpi tarjolla olevia ohjelmistoja päätyivät toteamaan, että ne eivät ole vielä kypsiä vastaamaan sen paremmin suunnittelun kuin projektijohtamisenkaan tarpeisiin (s. 998).

VTT:n Tietomallit ja työmaan turvallisuus –raportissa (Sulankivi et al. 2009) todetaan työmaan aluesuunnittelun mallintamisen näkökulmasta, että kaikissa saata-vissa olevissa ohjelmistoissa työmaatoimintojen mallintamiseen tarvittavat kirjastot ovat puutteellisia tai puuttuvat kokonaan. Työmaan erilaisten toimintojen mallin-

tamiseen käytettäviä komponentteja sisältävät kirjastot olisivat välttämättömiä tietomallipohjaisen aluesuunnittelun apuvälineitä. Nyt tällaisia on lähinnä saatavissa epävirallisista lähteistä, joiden ylläpitovastuut ovat epäselviä. (Sulankivi et al. 2009, s. 68)

2.4 Tietomallit ja infrarakentaminen

Suomessa Liikennevirasto on päättänyt, että kaikissa Liikenneviraston ja ELY-keskusten hankkeissa, jotka käynnistyvät 1.5.2014 jälkeen, käytetään Inframodel 3-tietomalliformaattia, taitorakenteiden osalta IFC:tä (Industry Foundation Classes) (Liikennevirasto 2014). Tämä päätös on pakottanut kaikki suuremmat infrarakentajat ja -suunnittelijat Suomessa tietomallien käyttöönottoon kyseisen päivämäärän jälkeen. Prosessi on kuitenkin vielä kovasti kesken.

Liikenneviraston ottama kanta on linjassa sen kanssa, mitä kirjallisuus sanoo tietomallintamisen onnistuneen käyttöönoton edellytyksistä. Porwal ja Hewage (2013, s. 204) katsovat parhaan tavan saada uusi teknologia hyväksytyksi olevan, että tilaaja tai omistaja vaatii sen käyttöä sopimuksessa. Wong et al. (2010, s. 297) toteavat julkisen sektorin roolin olevan kriittinen tietomallien käyttöönotossa missä tahansa maassa, ja että julkisen vallan on vaadittava tietomallien käyttöä kaikissa projekteissa. Aranda-Mena et al. (2009) asettavat tutkimuksessaan lähtökohdaksi sen, että tietomallinnus ei ole vaihtoehtoinen tapa toimia, vaan että se on tuleva paradigma, jonka puutteissa jokainen yritys on joutuva toimimaan, mistä syystä on tärkeää ajoittaa mukaan lähtö oikein (s. 422).

Tietomallien käyttö on lähtenyt liikkeelle talonrakennusteollisuudesta, ja kansainvälisestikin sen käyttö infrahankkeissa ei ole vielä kovin yleistä. Lisäksi suurin osa kirjallisuudesta lähestyy asiaa suunnittelun näkökulmasta, ei rakennusprojektin tuotannonohjauksen. Shou et al. (2014, s. 1) toteavat olevan vain harvoja tutkimuksia tietomallien käytöstä infrarakentamisessa, eikä lainkaan sellaisia, joissa talonrakennuspuolen kokemuksia pyritäisiin siirtämään infrarakentamiseen ja näin jouduttamaan niiden laajempaa käyttöönottoa infrarakentamisessa. Bryde et al. (2013) ovat ylipäänsä löytäneet hyvin vähän sellaista tietomalleja käsittelevää kirjallisuutta, joka lähestyisi asiaa projektien johtamisen näkökulmasta (s. 972), ja Sacks et al. (2010) toteavat lähes kaiken tutkimuksen keskittyneen esi- ja rakennussuunnitteluun ja työmaan tuotannonohjauksen jääneen lapsipuolen asemaan (s. 642).

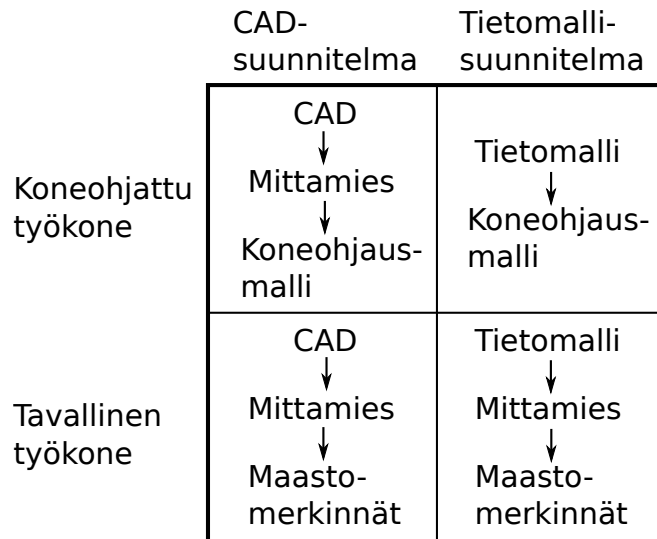
Suurin osa tietomallintamista käsittelevästä kirjallisuudesta — kuten rakentamista käsittelevästä kirjallisuudesta ylipäättäänkin — käsittelee ensisijaisesti talonrakentamista, ei infrarakentamista. Näiden kahden toimialan välillä on kuitenkin selkeitä

eroja, mikä ei voi olla vaikuttamatta tietomallintamiseenkin, ja juuri siihen liittyen esimerkiksi Shou et al. (2014) toteavat, että kokemukset ja tutkimusdata talonrakentamisen puolelta eivät suoraan sovellu infrarakentamiseen (s. 2). Tietomallintamiseen talonrakennuksessa liitettyjä asioita pohdittaessa on siis syytä miettiä, soveltuvatko ne sellaisinaan infrarakentamiseen, ja mistä erot johtuvat.

Tyypillisesti talonrakennuskohde sijaitsee hyvin rajatulla maantieteellisellä alueella, jolle valtaosa rakennusmateriaaleista tuodaan rakennuskohteen ulkopuolelta, sisältäen nykyään jossain muualla hyvinkin pitkälle esivalmistettuja elementtejä. Väylätyömaalle on taas on tyypillistä laaja, jopa kymmenien kilometrien maantieteellinen ulottuvuus, ja hankkeet pyritään suunnittelemaan siten, että mahdollisimman suuri osa hankkeen rakennusmateriaaleista saataisiin hankkeen sisältä (massataspaino), ja rakennusaineet käytetään usein sellaisinaan, ilman esivalmistusta (tosin esimerkiksi kiviainesten murskaus sopivampaan raekokojakaumaan on tyypillistä). Näin ollen voidaan karkeasti yleistäen todeta logistiikan pääpainon talonrakentamisessa olevan hankkeen ulkoisessa logistiikassa, kun taas maarakennuksessa se on hankkeen sisäisessä logistiikassa; tämä on eräs perustavanlaatuinen ero näiden rakennushanketyyppien välillä.

Toinen merkittävä ero on usein havaittavissa rakennuttajan, loppukäyttäjän ja rakentajan välisissä suhteissa. Etenkin väylähankkeissa nämä tahot ovat yleensä aivan erillisiä: rakennuttajana on julkinen organisaatio, loppukäyttäjiä ovat väylän käyttäjät kuten autoilijat tai rautatieyhtiö, ja rakentaja on näistä erillinen organisaationsa. Talonrakennusteollisuudessa kenttä on heterogeenisempi: perustamisurakoinnissa rakennuttaja ja rakentaja ovat samaa organisaatiota, yksityishenkilön tai yhteisön rakennuttaessa tiloja omaan käyttöönsä taas loppukäyttäjä ja rakennuttaja ovat selvästi sidoksissa toisiinsa.

Puhuttaessa tietomalleista infrarakentamisen yhteydessä usein esille nousee myös käsite *koneohjaus eli työkoneautomaatio*, jolla tarkoitetaan työkoneisiin (pääasiassa kaivinkoneet, puskukoneet, höylät) asennettua 3D-paikannusta, mitta-antureita ja käyttöliittymää, jonka kautta kuljettaja näkee työkohteen suunnitelman ja työkohteensa aseman suhteessa siihen (esimerkiksi kauhan suhteessa leikkauksen pohjaan) (Snellman 2015, s. 3). Koneohjauksen käyttöä varten tarvitaan *kolmiulotteinen toteutusmalli eli koneohjausmalli* (Snellman 2015, s. 3), joka kuitenkin voi olla, ja yleensä onkin, huomattavasti yksinkertaisempi kuin luvussa 2.1 tarkoitettu tietomalli. Näin ollen varsinaiset tietomallit ja koneohjaus ovat toisistaan erillisiä asioita, eikä toisen käyttö mitenkään edellytä toista. Koneohjaus voidaan toteuttaa ilman tietomalleja, ja tietomalleja voidaan käyttää ilman koneohjausta, kuten kuvassa 1 on havainnollistettu.



Kuva 1: Perinteisen CAD- ja tietomallipohjaisen suunnittelun ja koneohjatun ja tavallisen työkoneen ohjaukseen tarvittavat toimenpiteet

Tietomallit ja koneohjaus kuitenkin vahvasti tukevat toisiaan, koska tietomallista voidaan helposti luoda koneohjausmalli ja vastaavasti koneohjauksesta saatua dataa voidaan helposti viedä tietomalliin. Näin ollen on ymmärrettävää, että niitä usein käytetään yhdessä ja niistä puhutaan samassa yhteydessä. Kyse on kuitenkin eri asioista.

2.5 Tuotannonohjaus infrahankkeissa

Lindholm ja Junnosen kirjoittamasta maarakennusalan tuotannonohjauksen yleisopikirjaksi tarkoitettusta teoksesta *Infrahankkeen tuotannonhallinta* (2012) voidaan jo otsikkotasolta paikallistaa seuraavat infrahankkeen tuotannonohjauksen osa-alueet:

1. Massatalous;
2. Ajallinen hallinta;
3. Kustannushallinta;
4. Laadunhallinta;
5. Hankintojen hallinta;
6. Epävarmuuden hallinta;
7. Viestinnän hallinta;

8. Työturvallisuuden hallinta.
(Lindholm & Junnonen 2012)

Massataloudella tarkoitetaan infrahankkeella irrotettavien ja siirrettävien maa- ja kalliomassojen tehokasta ja taloudellista käyttöä. Lindholm ja Junnonen (2012) jakavat sen suunnitteluvaiheeseen ja tuotantovaiheeseen (s. 16). Suunnitteluvaiheessa tavoitteena on löytää sellaiset ratkaisut, jotka samaan aikaan toteuttavat hankkeen tavoitteet ja minimoivat käytettävien massojen määrän ja siirtotarpeen (s. 17). Tuotantovaiheessa massatalouden suunnittelu sisältää varsinaisen massansiirtosuunnitelman laatimisen, laaditun massansiirtosuunnitelman kytkemisen hankkeen aikatauluun sekä massataloutta parantavat toimenpiteet (s. 18). (Lindholm & Junnonen 2012)

Ajalliseen hallintaan kuuluu määrittellä tehtävät ja niiden toteuttamisjärjestys, arvioida tehtävien kesto, sekä laatia aikataulu ja valvoa sitä (s. 21). Massansiirtosuunnitelmaatoimii aikataulusuunnittelun keskeisenä lähtötietona (s. 21). Ajallisen hallinnan työkaluja ovat yleisaikataulu ja osa-aikataulut esimerkiksi hankinnoille, suunnittelulle ja eri työkohteille (s.33). (Lindholm & Junnonen 2012)

Kustannushallinnan keskeisin tehtävä on loppukustannusten pitäminen tavoite-kustannusarvion puitteissa (s. 97, s.106). Eri resurssien käyttö hankkeen halutun lopputuotteen saavuttamiseksi aiheuttaa kustannuksia, joita voidaan valvoa tarkkailulaskenalla (s. 105). Valvonta toteutetaan keräämällä erilaisia kustannustietoja ja vertaamalla niitä tavoitteisiin (ss. 106-107). Samalla saadaan tietoa kohteen etenemisestä suhteessa budjettiin (s. 107). (Lindholm & Junnonen 2012)

Laadunhallinta on sen varmistamista, että haluttu laatutaso ja asetetut laatuvaatimukset täyttyvät (s. 61). Laadunvarmistuksen tulee olla johdonmukaista ja suunniteltua ja poikkeamia estävää (s. 138). Laadunvarmistustoimenpiteitä on sekä koko työmaata koskevia että yksittäisiin tehtäviin kohdistuvia (s. 139). Tehdyt toimenpiteet dokumentoidaan ja tallennetaan tilaajalle luovutusta varten (s. 142). (Lindholm & Junnonen 2012)

Hankintojen hallinta sisältää hankintojen ohjauksen ja valvonnan tavoitteenaan sopimuksenmukainen lopputulos (s. 121). Työkaluja ovat hankintaluettelot ja -aikataulut (s. 120). Ohjaus ja valvonta ovat tavoiltaan vaihtelevia riippuen siitä, millainen hankinta on kyseessä: hankitaanko esimerkiksi materiaaleja, työtä, vai aliurakoita (s. 121). (Lindholm & Junnonen 2012)

Epävarmuuden hallinta on muutosten ja riskien hallintaa, epävarmuus on luonnollinen osa infrarakennushanketta (ss. 74-75). Riskejä hallitaan niiden tunnistami-

sen ja riskianalyysin avulla (s. 77). Rakentajan näkökulmasta riskit ovat enemmän tai myöhemmin, tavalla tai toisella kustannusriskejä (s. 79). (Lindholm & Junnonen 2012)

Viestinnän hallinnan onnistuminen vaatii, että viestintä on suunniteltua, informaatio jaellaan hallitusti ja raportointi toimii (s. 81). Tyypillisessä infrahankkeessa on runsaasti erilaisia sidosryhmiä: viranomaisia, tilaajatahoja, suunnittelijoita, tienkäyttäjiä, ali- ja sivu-urakoitsijoita, maanomistajia ja niin edelleen (s. 81). Viestinnän epäonnistuminen on myös merkittävä hankkeen riskitekijä (s. 84). (Lindholm & Junnonen 2012)

Työturvallisuuden hallinnan lähtökohdat tulevat Valtioneuvoston asetuksesta rakennustyön turvallisuudesta (s. 86). Päävastuu rakennustyön aikaisesta turvallisuussuunnittelusta ja -johtamisesta on hankkeen päätoteuttajalla (s. 87). Keskeisiä työkaluja ovat turvallisuussuunnitelmat, työvaiheiden suunnitelmat ja erilaiset viikotarkastukset. (Lindholm & Junnonen 2012)

Daviesin ja Hartyn (2013) käsityksen mukaan työmaiden tuotannonohjaus pohjautuu vielä pitkälti paperiin, oli kyse sitten piirustuksista ja muusta suunnitelmaliitteestä tai paperikaavakkeiden käytöstä tiedon keruuseen (s. 15). Hartmann et al.

Jos huolellisesti suunniteltu tuotanto toteutuisi aina täsmälleen suunnitellun mukaisesti, voitaisiin ajatella, että varsinaista tuotannonohjausta ei tarvittaisi. Asiat eivät kuitenkaan todellisuudessa tapahdu, etenkin rakennustyömaalla, koskaan täysin suunnitelman mukaisesti, vaan aina esiintyy poikkeamia. Poikkeamat aiheuttavat ohjaustarpeen (Lindholm & Junnonen 2012, s. 93).

3. TIETOMALLINTAMISEN MATURITEETTIMALLIT

3.1 Yleistä maturiteettimalleista

Tietomallien käyttöönotto ja siitä seuraavat muutokset toimintatavoissa ja liiketoiminnassa nähdään kirjallisuudessa usein jatkumona, joka johtaa kohti enemmän tai vähemmän tarkasti määriteltä päämäärää. Penttilä (2006) sanoo sitä evolutiiviseksi prosessiksi yksinkertaisista suunnittelutyökaluista kohti monimutkaisia, yhteensulautuneita työympäristöjä ja projektirakenteita (s. 405). Näkemys on herättänyt myös kritiikkiä: Miettinen ja Paavola (2014) haastavat koko ajatuksen siitä, että tietomallintamisen voitaisiin ajatella johtavan kohti jotakin ennalta asetettua päämäärää.

Useat kirjoittajat ovat laatineet malleja kuvaamaan sitä, miten pitkällä (tai miten kypsä, mature) yritys (tai sen yksikkö) tällä kehityspolulla on. Malleja nimitetään maturiteettimalleiksi. Maturiteettimallien käytön tarkoituksena tässä työssä on selvittää, minkä tyyppisiin toimiin maturiteettimallin mukaan pitäisi ryhtyä tietomallitoiminnassa eteenpäin pääsemiseksi. Ensin määritetään, millä mallin tasolla kohdeorganisaatio tällä hetkellä on, jotta voidaan mallista katsoa, mitä seuraava taso tarkoittaisi. Samalla voidaan arvioida mallin soveltuvuutta kohdeyrityksen kaltaisten organisaatioiden käyttöön.

Tähän työhön on valittu kaksi kirjallisuudesta löytyvää mallia, jotka on esitelty seuraavissa alaluvuissa. Succarin (2009) tietomallikehystä ovat käyttäneet esimerkiksi Barlish ja Sullivan (2012) tutkiessaan, miten tietomallintamisen etuja voisi mitata; tutkimus käsitti kolme tapausta (case). Samaan malliin viitataan myös useissa muissa tutkimuksissa.

3.2 Tietomalliparadigmat

Käydessään läpi 26 tietomallintamista suuremmassa tai pienemmässä määrin projekteissaan käyttänyttä suunnittelu- ja rakennusyritystä Taylor ja Bernstein (2009)

löysivät neljä paradigmaksi nimeämäänsä erilaista suhtautumistapaa tietomallintamiseen. He myös havaitsivat ja testasivat tilastollisesti, että tietomalliossaamisen ja -kokemuksen kasvaessa yritykset siirtyivät paradigmasta seuraavaan siten, että niiden välille voitiin muodostaa selvä kehityskulku. Löydetyt paradigmat, jotka myös Jung ja Joo (2011) valitsivat edustamaan oman kehyksensä maturiteettiakselia, ovat:

1. *Visualisointiparadigma*, jossa tietomallintamisen päätavoitteena nähdään kolmiulotteisten havainnekuvien, animaatioiden ja muiden vastaavien tuottaminen;
2. *Koordinaatioparadigma*, jossa tietomallien käytön keskiössä on suunnitelmien koordinointi ja yhteensovittaminen yrityksen sisällä ja projektiosapuolten kesken;
3. *Analyysiparadigma*, jossa tietomallia käytetään erilaisten analyysien tekemiseen, kuten suunnitelmamuutosten kustannusvaikutusten tai erilaisten valaistus- tai poistumistieratkaisujen tutkimiseen;
4. *Tuotantoketjuparadigma*, jossa läpi tuotantoketjun kulkeva tietomallin mahdollistama integraatio on pääroolissa, ja tietomallia tai osaa siitä voidaan suoraan käyttää jopa alihankkijoiden työstökoneiden ohjaukseen.

(Taylor & Bernstein 2009, ss. 71-72)

Toinen tärkeä havainto oli, että mitä pidemmälle yritykset ketjussa etenevät, sen laajempaa on elektronisten dokumenttien jako sekä tuotantoketjussa että projektin toimijoiden kesken. Vaikka suurin osa yrityksistä noudattaakin tätä kehityskulkua, näyttäen etenevän ketjussa pidemmälle mitä enemmän tietomalleja käyttävät, Taylor ja Bernstein havaitsivat myös joitakin poikkeuksia. Jotkut yritykset saattavat jäädä paikoilleen — erityisesti ongelmia oli siirtymisessä koordinaatioparadigmasta analyysiparadigmaan (s. 72) — kun taas toiset saattavat jättää kokonaisia vaiheita väliin. Suoraan tuotantoketjuparadigmaan etenemisen kuvataan tuovan suuria etuja projektien tehokkuuteen ja tuottavuuteen. Tällainen vaiheiden yli hyppääminen on kuitenkin erittäin harvinaista. (Taylor & Bernstein 2009, ss. 74-75)

3.3 Bilal Succarin tietomallikehys

Bilal Succarin väitöskirjatyönään kehittämä ”BIM Framework” on kunnianhimoinen yritys luoda koko tietomallintamisen kentän kattava yleinen teoreettinen viitekehys. Bryde et al. (2013) kuvaavat Succarin kehystä näkökulmaltaan holistiseksi, kattaen ei vain ohjelmistot ja suunnittelun vaan myös projektin johtamisen näkökulmat (s. 972). Tässä työssä käytetään Succarin viitekehyksestä vain osia, jotka kuvataan tarkemmin, ja kehyksen muut ulottuvuudet jätetään lyhyen viittauksen varaan.

Succar määrittelee kehykselleen ensiksi kolme *ulottuvuutta* tai *akselia*, jotka muodostavat mallin kolmiulotteisen kannan:

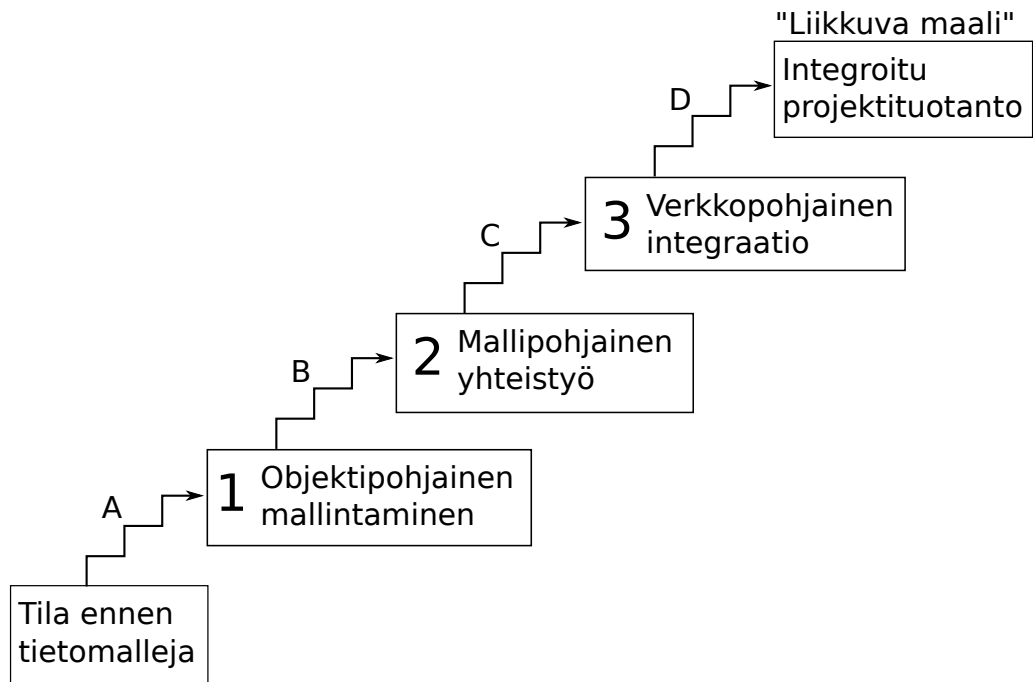
1. *Toimintakentät* (fields of activity) x-akselilla;
2. *Kyvykkyystasot* (capability stages) y-akselilla;
3. *Linssit* (lenses) z-akselilla.
(Succar 2009 s. 359)

Toimintakenttiä Succar määrittelee kolme, ja niillä kullakin on kaksi alakenttää, jotka muodostavat kunkin kentän *toimijat* ja *tuotteet*. Kentät eivät ole täysin erillisiä, vaan niiden välillä on tiettyä päällekkäisyyttä (overlap) ja yhteistoimintaa (interaction). Kolme toimintakenttää ovat:

1. *Teknologiakenttä* (technology field), jonka toimijoita ovat ohjelmisto- ja laitetuotoimittajat sekä tuotteita tietotekniset laitteet, ohjelmat, tietokannat, verkko-yhteydet ja muu vastaava teknologia;
2. *Prosessikenttä* (process field), jonka toimijoihin kuuluvat varsinaiset rakennusprosessin osapuolet ja tuotteisiin itse tietomallit, piirustukset ja sopimukset ja muu vastaava dokumentaatio;
3. *Menettelytapakenttä* (policy field), jonka toimijoita ovat lainsäätäjät, valvontaviranomaiset, vakuutusyhtiöt, tutkimus- ja oppilaitokset sekä tuotteita erilaiset määräykset, ohjeistukset ja standardit.
(Succar 2009, s. 359 ja s. 361 Fig. 4)

Linssit ja *suotimet* (filters) ovat kehyksen työkaluja, jotka määrittävät suoritettavan tarkastelun tasoa ja laajuutta. Kentistä ja linseistä tässä työssä keskitytään prosessikenttään, ja siinä ennen kaikkea sen toimijat-alakentän osana erääseen rakennusyritykseen. Kehyksen terminologiassa käytetään siis linssiä, joka rajaa muut tekijät tarkastelun ulkopuolelle.

Succar määrittelee tietomallien käytön kehityksessä kolme *kyvykkyystasoa* (capability stages), jotka kuvaavat etenemää tietomallittomasta toimintatavasta kohti tietomallintamisen tavoitetilaa tai maalia. Tilasta ennen tietomallien käyttöönottoa (Pre-BIM) kuljetaan kolmen varsinaisen kyvykkyystason (BIM stages 1-3), *objektipohjaisen mallintamisen* (object-based modelling), *mallipohjaisen yhteistyön* (model-based collaboration) ja *verkkopohjaisen integraation* (network-based integration) kautta *integroituun projektituotantoon* (Integrated Project Delivery, IPD). Kehityskulku on esitetty kaaviomuodossa kuvassa 2 ja sen tasot selitetty tarkemmin alla. (Succar 2009, Succar 2010)



Kuva 2: Succarin kehyksen tietomallintamisen kyvykkyystasot (1-3) ja askeleet niiden välillä (A-D). (Muokattu lähteistä Succar 2009, Succar 2010)

Tietomalleja edeltävälle tilalle (Pre-BIM) on tyypillistä vastakkainasettelu toimijoiden välillä ja sopimusmallit, jotka pyrkivät riskien välttelyyn ja siirtämiseen. Kolmiulotteista avaruutta ja kappaleita pyritään kuvaamaan kaksiulotteisilla piirustuksilla ja asiakirjoilla, joihin kolmiulotteiset visualisoinnitkin perustuvat silloin, jos niitä käytetään. Määrät, kustannusarviot ja tuotemäärittelyt eivät ole mitenkään kytköksissä visualisointimalleihin. Yhteistyö toimijoiden välillä perustuu vanhoihin käytäntöihin ja tiedonkulku sopimussuhteiden määräämään ketjuun. (Succar 2009 s. 364, Succar 2010 s. 7)

Ensimmäisellä eli **objektipohjaisen mallintamisen tasolla** (BIM stage 1, object-based modelling) tietomallitoiminta käynnistyy, kun ryhdytään luomaan aluksi yhden suunnittelualan malleja objektipohjaisen parametrisoidun kolmiulotteisen tietoteknisen ohjelmistotyökalun (kuten kohdeyrityksen käyttämä Tekla Civil) avulla. Alkuvaiheen mallit liittyvät johonkin yksittäiseen projektin elinkaaren vaiheeseen (suunnittelu, rakentaminen, käyttö). Tuotettuja malleja käytetään lähinnä kaksiulotteisten suunnitelmien automaattiseen luomiseen ja kolmiulotteiseen visualisointiin; nämä kevyet visualisointimallit eivät kuitenkaan sisällä käyttäjien muuteltavia tietoja. Lisäksi malleista saadaan yksinkertaista määrä- ynnä muuta vastaavaa tietoa. Yhteistyömenettelyt ovat edelleen pitkälti tietomalleja edeltävällä tasolla eikä mallipohjaista tiedonvaihtoa eri suunnittelualojen välillä esiinny merkittävässä määrin. Projektin elinkaaren vaiheita voidaan kuitenkin jo jonkin verran limittää.

(Succar 2009 s. 364, Succar 2010 s. 7)

Toisella eli **mallipohjaisen yhteistyön tasolla** (BIM stage 2, model-based collaboration) tietomallipohjainen yhteistyö toimijoiden välillä on aktiivista ja tieto siirtyy malleina eri suunnittelualojen välillä. Tietomallipohjaista yhteistyötä voi tapahtua niin projektin elinkaarivaiheen sisällä kuin kahden vaiheen välilläkin. Tiedonvaihto kolmiulotteisten suunnitteluohjelmistojen ja projektinhallintaohjelmistojen välillä mahdollistaa neliulotteiset (4D, avaruus ja aika) analyysit ja jopa niihin yhdistettävät kustannusarviot (5D). Jakolinjat toimijoiden roolien, erikoisalojen ja elinkaaren vaiheiden välillä alkavat hämärtä, vaikka tiedonvaihto ei edelleenkään ole täysin synkronissa. Muutokset sopimusmalleissa ja toimintatavoissa tulevat välttämättömiksi mallipohjaisten tiedonsiirron korvatta dokumenttipohjaisen. (Succar 2009 s. 364, Succar 2010 s. 7)

Kolmannella eli **verkkopohjaisen integraation tasolla** (BIM stage 3, network-based integration) integroitua malleja, jotka sisältävät moninaista ja monenlaatuista tietoa, luodaan, jaetaan ja ylläpidetään yhteistyössä läpi projektin elinkaaren. Tähän pääsemiseksi voidaan käyttää erilaisia tietoteknisiä ratkaisuja, kuten mallipalvelimia, jaettuja tietokantoja ja pilvipalveluita. Monimutkaisetkin analyysit jo varhaisessa virtuaalisen suunnittelun ja rakentamisen vaiheessa tulevat mahdollisiksi monialaisten ja moniulotteisten (nD) mallien avulla. Mallien sisältämä tieto ei rajoitu kappaleiden ominaisuuksiin, vaan laajenee käsittämään niin laajempaa liiketoimintatietoa (business intelligence), lean-käytäntöjä kuin vihreää rakentamista sekä elinkaarikustannusten hallintaa. Yhteistyö keskittyy iteroituvasti mallin ympärille. Malli- ja dokumenttipohjaisen tiedon synkronoitu välitys johtaa prosessinäkökulmasta projektin elinkaaren vaiheiden yhä suurempaan limittymiseen ja lopulta vaiheettomaan yhtenäiseen prosessiin. (Succar 2009 s. 365, Succar 2010 s. 8)

Integroitu projektituotanto (Integrated Project Delivery, IPD), johon kolmen edellä kuvatun kehitysvaiheen kautta päädytään, edustaa Succarin mielestä sopivaa pitkän aikavälin visiota tietomallintamisesta teknologioiden, prosessien ja ohjeistusten yhteensulautumisena. Succar ei kuitenkaan nostamalla integroidun projektituotannon lopulliseksi tavoitteeksi mallissaan halua poissulkea muita visioita muiden nimien alla, vaan löyhästi määritellyn integroiden projektituotannon sateenvarjolla tahdotaan kattaa kaikki näkökulmat ja näkemykset niiden lähteistä riippumatta. Hän kuvaakin integroitua projektituotantoa ”tietomallintamisen liikkuvaksi maaliksi”. (Succar 2009 s. 365, Succar 2010 s. 8)

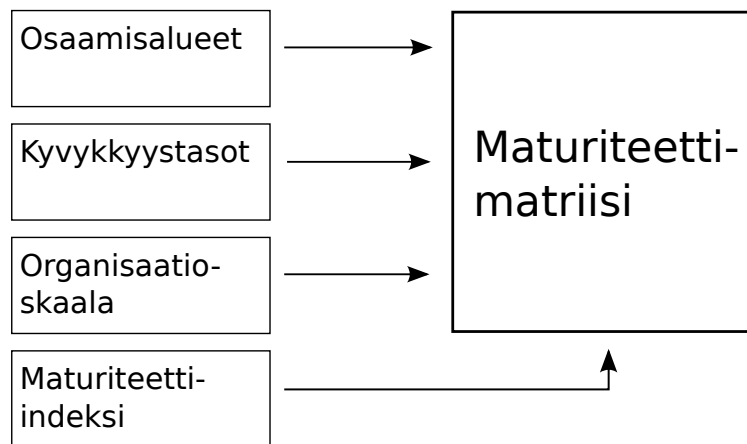
Edellä kuvattujen *kyvykkyystasojen* (capability stages) lisäksi Succar määrittelee *maturiteetti-indeksin* (maturity index), joka sisältää viisi *maturiteettitasoa* (matu-

rity levels). Maturiteetti-indeksin tasot käännöksineen esitetty taulukossa 2. Maturiteetti-indeksin tasot kuvaavat tietomalliosaamisen laajuutta ja syvyyttä kullakin alueella, kun taas kyvykkyystasot kuvaavat osaamisen minimivaatimusta. (Succar 2010 s. 25)

Taulukko 2: Succarin maturiteetti-indeksin maturiteettitasot suomennoksineen. (Muokattu lähteestä Succar 2010 s. 26)

	Maturity levels	Maturiteettitasot
a	Initial	Alkutila
b	Defined	Määritelty
c	Managed	Johdettu
d	Integrated	Integroitu
e	Optimized	Optimoitu

Kun maturiteetti-indeksi yhdistetään kyvykkyystasoihin ja osaamisalueisiin (competency sets), syntyy *maturiteettimatriisi* (BIM Maturity Matrix, BIm³), kuten kuvassa 3 esitetään. Maturiteettimatriisi on työkalu, joka esittää monet Succarin kehityksen ulottuvuudet tiivistetyssä muodossa, ja jota voidaan kohdentaa monenlaisten organisaatioiden tarpeisiin. Matriisin yksinkertaistettu kaksiulotteinen taulukkoesitys osaamisalueiden osalta on esitetty myöhemmin luvussa 7.2 taulukossa 5. (Succar 2010 ss. 29-30).



Kuva 3: Succarin maturiteettimatriisin muodostuminen eri osa-alueista. (Muokattu lähteestä Succar 2010)

4. KOHDEYRITYS JA SEN PROJEKTIHALLINTA

4.1 Kohdeyrittäjän esittely

Skanska Infra Oy on infrarakentamiseen erikoistunut suomalainen Skanska-konsernin tytäryhtiö. Ruotsissa päämajaansa pitävä Skanska-konserni on yksi maailman suurimmista rakennusliikkeistä, joka toimii valituilla markkina-alueilla Euroopassa, Yhdysvalloissa ja Latinalaisessa Amerikassa. Konsernin emoyhtiö Skanska Ab on perustettu 1887 ja listattu Tukholman pörssissä. Konsernin päätoimialat ovat rakentamispalvelut (sisältäen infrarakentamisen) sekä asunto-, teollisuus ja infrastuktuurikehitys, joista Suomessa pääpaino on kahdella ensiksi mainitulla. (Skanska in brief 2015)

Skanska Infra Oy harjoittaa Suomessa monipuolista maa- ja ympäristörakentamista ja lukeutuu Suomen suurimpiin infrarakentajiin. Pääasialliset asiakkaat ovat Liikennevirasto, alueelliset Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset, kaupungit, kunnat ja teollisuus. Sen väyläyksikkö on erikoistunut suuriin, useiden kymmenien miljoonien eurojen väylähankkeisiin, joissa tilaajana on yleensä Liikennevirasto. Väylähankkeet ovat yleensä laajoja, monipuolisia kokonaisuuksia sisältäen esimerkiksi teiden, moottoriteiden, katujen, rautateiden, siltojen ja vesiväylien rakentamista sekä erilaisia ympäristörakenteita ja pohjanvahvistustoimenpiteitä. Skanska Infra toimii näissä hankkeissa lähtökohtaisesti päätoteuttajana.

4.2 Kohdeyrittäjän toimintamalli ja rakentamisen prosessikuvaus

Kohdeyrittäjän, Skanska Infran, toiminta perustuu Suomen Skanska-konsernin ydinprosesseihin, jotka ovat hankekehitys (Y1), tarjoustoiminta (Y2), rakentaminen (Y3) sekä käyttö ja ylläpito (Y4). Itse rakennusprosessi ja sen ohjaaminen on kuvattu tarkemmin Skanskan toimintajärjestelmään kuuluvassa julkaisussa Y3 – Rakentamisen prosessi. Kaikki Skanskan Suomessa harjoittama rakennustoiminta perustuu tähän oppaaseen. (Y3 – Rakentamisen prosessi 2013, s. 2).

Rakentamisen prosessi on oppaassa jaoteltu seuraaviin osa-alueisiin:

1. Riskien tunnistaminen ja ehkäiseminen;
2. Tuotannon johtaminen ja ajallinen hallinta;
3. Tehtäväsuunnittelu;
4. Kustannusten hallinta;
5. Suunnitelmamuutokset;
6. Lisä- ja muutostyöt;
7. Hankinta ja logistiikka;
8. Kannattavuus ja tuottavuus;
9. Takuuaika.

(Y3 – Rakentamisen prosessi, 2013).

Yleisesti voidaan todeta, että sekä Skanskan Y3 – rakentamisen prosessi (2013) -teoksessa että Linholmin ja Junnoson (2012) kirjassa esitetyt infrahankkeen tuotannonohjauksen osa-alueet ovat melko yhteneväiset. Yhteenveto Skanskan ja Lindholmin ja Junnoson (2012) vertailusta on esitetty taulukossa 3. Aivan suoraan toisiinsa rinnastumattomien, mutta yhtymäkohtia omaavien aihepiirien kohdalla on käytetty sulkeita. Yhteneväisyyksiä ja eroja on käyty tarkemmin läpi alla.

Riskien tunnistaminen ja ehkäiseminen on Skanskan toimintajärjestelmässä keskeisessä roolissa. Lindholmin ja Junnoson (2012) jaottelussa se on merkittävä osa epävarmuuden hallintaa. Tuotannon johtaminen ja ajallinen hallinta rinnastuvat luonnollisesti Lindholmin ja Junnoson (2012) ajalliseen hallintaan, mutta korostaen tuotannon johtamisen osuutta.

Tehtäväsuunnittelulle ei lyödy suoraa rinnastuskohdetta Lindholmilta ja Junnoselta (2012); siihen liittyviä asioita käsitellään heidän teoksessaan ennen kaikkea laadunhallinnan alla. Infrarakentamisessa tehtäväsuunnittelun olennainen osa ovat työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat. Tehtäväsuunnittelu liittyy olennaisesti työmaan päivittäiseen ohjaamiseen. (Y3 – Rakentamisen prosessi, 2013)

Kustannusten hallinta on sekä Skanskalla että Lindholmilla ja Junnosella (2012) omana kohtanaan. Suunnitelmamuutoksille ei löydy suoraa rinnastuskohtaa, mutta se liittyy osaltaan Lindholmin ja Junnoson (2012) laajempaan epävarmuuden hallinnan teemaan, ja samaan alueeseen liittyvät myös lisä- ja muutostyöt, joita suun-

Taulukko 3: Kohdeyrityksen rakentamisen prosessin ja infrahankkeen tuotannonhallinnan osa-alueiden vertailu. (Mukaillen Y3 – Rakentamisen prosessi 2013, Lindholm & Junnonen 2012)

Y3 – Rakentamisen prosessi	Lindholm & Junnonen
Riskien tunnistaminen ja ehkäiseminen	Epävarmuuden hallinta
Tuotannon johtaminen ja ajallinen hallinta	Ajallinen hallinta
Tehtäväsuunnittelu	<i>(Laadunhallinta)</i>
Kustannusten hallinta	Kustannushallinta
Suunnitelmamuutokset	<i>(Epävarmuuden hallinta)</i>
Lisä- ja muutostyöt	
Hankinta ja logistiikka	Hankintojen hallinta
Kannattavuus ja tuottavuus	<i>(Massatalous)</i>
Takuuaika	
	Viestintä
	Työturvallisuus

nitelmamuutoksista usein seuraa. Näillä on usein toki myös mainittava kustannusvaikutus, ja Lindholm ja Junnonen (2012) niitä kustannushallinnan alla sivuavatkin.

Hankinta ja logistiikka ovat Lindholmilla ja Junnosella (2012) hankintojen hallinnan muodossa. Kannattavuus ja tuottavuus, jotka toki liittyvät taloudelliseen hallintaan, rinnastuvat maarakentamisessa eniten ehkä Lindholmin ja Junnoson (2012) massatalouteen, koska se on tyypillisessä paljon maansiirtoa sisältävässä urakassa näihin asioihin hyvin vahvasti vaikuttava tekijä. Toisaalta kannattavuus ja tuottavuus eivät ehkä ole niinkään oma osa-alueensa, vaan niiden tulisi liittyä kaikkeen toimintaan.

Takuuaika ei Lindholmilla ja Junnosella (2012) näy omana asianaan, ja voidaan ajatella, että se ei enää kuulu varsinaiseen rakentamisaikaiseen hallintaan; luovutusprosessiin viitataan laadunhallinnan yhteydessä. Toisaalta rakentamisaikaisilla toimenpiteillä ja valinnoilla voidaan vaikuttaa takuuajan kustannuksiin ja toimintaan, jotka ovat projektin kokonaistalouden kannalta varteen otettava asia. Laatuvaatimusten mukaisen lopputuotteen ei pitäisi aiheuttaa takuuajalla merkittäviä kustannuksia.

Merkille pantavaa on, että Lindholmin ja Junnoson (2012) esille nostamat viestintä ja työturvallisuus taas eivät Skanskan toimintajärjestelmän tässä osassa tule mainituiksi. Ajattelutapaerona voidaan ehkä nähdä, että skanskalaisessa filosofiasa työturvallisuus on mukana kaikissa osa-alueissa eikä ole erillinen; toisaalta kaikki osa-alueet liittyvät muutenkin toisiinsa eikä mitään voida jättää täysin huomiotta.

Viestintä on osa projektihallintaa, jota sitäkään ei pitäisi nähdä erillisenä osanaan, vaan sen pitäisi nivoutua koko prosessiin.

4.3 Kohdehankkeen yleiskuvaus

Tutkimuksen kohdehanke oli Vt 19 Seinäjoen itäinen ohikulkutie Rengonkylä – Nurmo suunnittele ja toteuta -urakka, jossa tilaajana oli Liikennevirasto ja pääurakoitsijana Skanska Infra Oy. Hanke sisältää noin 18 kilometriä uutta, keskikaiteella erotettua valtatietä ja 6 kappaletta eritasoliittymiä Seinäjoen kaupungin kaakkoispuolella. Hankkeeseen kuuluu myös 25 siltaa. Hanke on alkanut vuonna 2013 ja valmistuu vuonna 2016.

Tietomallintamista on käytetty kohdehankkeella alusta lähtien, kaikki maa- ja kerrosrakenteet mallinnetaan Inframodel 3 -formaatin mukaisesti. Hankkeen silloista ainoastaan yhdestä on tehty täydellinen siltamalli IFC-formaatissa, muista silloista on tehty ainoastaan niin sanottu pintamalli. Koska kyseessä on suunnittele ja toteuta -urakka, vastuu tietomallin tuottamisesta on päätoteuttajalla.

4.4 Pilottihanke ja sen tulokset

Skanska Infran hankkeella Valtatie 8 välillä Kotiranta–Stormossen toteutettiin RYM PRE -tutkimusohjelman Infra FINBIM -tutkimuspaketin osahankkeena VT8–BIM -pilotointi vuosina 2012–2014. Pilottia veti hankkeen tilaaja Liikennevirasto, ja Skanska Infran lisäksi mukana olivat pääsuunnittelija Ramboll Finland Oy, asiantuntijana WSP Finland Oy ja tutkimusosapuolena Oulun yliopisto. Pilotissa pääpaino oli suunnittelun ja työmaan välisen kaksisuuntaisen tiedonsiirron mallipohjainen kehittämisessä. (Ratia et al. 2014 s. 5)

Pilottihankkeessa todettiin heikkojen lähtötietojen, erityisesti pohjatutkimusten, tekevä tietomallista epätarkan. Pelkkä mittauspisteiden lisäys ei välttämättä lisää tarkkuutta, vaan menetelmien on oltava sellaiset, että mahdollisimman oikea kuva saadaan muodostettua. Epätarkka tietomalli johtaa epätarkkoihin kustannusarvioihin ja huonoihin suunnitteluratkaisuihin. Pelkän mallintamisen itsessään ei todettu lisäävän tarkkuutta. (Ratia et al. 2014 s. 4)

Työnjohdon käyttöön sopivia työkaluja ei onnistuttu yrityksistä huolimatta löytämään (s. 5). Yhteistyö ja vuoropuhelu eri suunnittelualojen välillä lisääntyi yhdistelmämallin käytön myötä huomattavasti (s. 5). Mittaushenkilöstön tehtäväkuvan todettiin muuttuvan mallintamisen myötä voimakkaasti mallidatan käsittelyn suuntaan (s. 15). (Ratia et al. 2014)

Laadunvarmistuksessa painopiste muutettiin valmiin tuotteen toteamisesta ennakotarkastuksen suuntaan, hyödyntäen silmämääräistä havainnointia, valokuvia ja koneohjausta. Näin voitiin vähentää varsinaisia laadunvarmistusmittauksia. Mittausaineiston siirrossa formaateista ja ohjelmistoista toisiin oli kuitenkin ongelmia. (Ratia et al. 2014 s. 5)

5. TUTKIMUKSEN SUORITUS

5.1 Tutkimusmenetelmän yleiskuvaus

Tutkimuksen käytännön osio suoritettiin Vt 19 -hankkeen toimihenkilöiden haastatteluna. Haastattelumenetelmäksi valittiin puolistrukturoitu haastattelu, soveltaen Hirsjärven ja Hurmeen (2011) teemahaastatteluksi kuvaamaa menetelmää. Tällaiselle puolistrukturoidulle teemahaastattelulle on luonteenomaista, että haastattelun teemat ja aihealueet ovat kaikille haastateltaville samat, sen sijaan kysymykset voivat olla vaihtelevia ja haastattelun muoto on vapaa. Strukturoidussa haastattelussa sen sijaan kysymysten muoto ja järjestys ovat samat kaikille haastateltaville. (Hirsjärvi & Hurme 2011, s. 48)

Tässä tutkimuksessa käytetty lähestymistapa lienee strukturoidumpi kuin Hirsjärven ja Hurmeen (2011) esittelemä puhdas teemahaastattelu, koska haastateltavilta haluttiin vastaukset myös tiettyihin määriteltyihin kysymyksiin. Näitä kysymyksiä ei kuitenkaan pyritty esittämään määrämuotoisina eikä välttämättä esitetty lainkaan, mikäli niihin saatiin vastaus haastateltavalta muutoinkin. Haastattelujen muoto haluttiin pitää vapaana, jotta mahdollisimman moni aihepiiriin liittyvä näkökulma ja ajatus, jotka välttämättä eivät olleet haastattelukysymyksiä valittaessa nousseet ylös, saataisiin esiin. Samoin haluttiin välttää sitä, että kysymysten ja niiden sanamuotojen valinta heijastaisi liikaa haastattelijan mahdollisia ennakkokäsityksiä tai liian suppeaa näkökulmaa.

Kokonaisuutena tutkimusprosessi eteni seuraavasti: luvuissa 2, 3 ja 4 esitellyn kirjallisen materiaalin pohjalta valittiin joukko haastattelukysymyksiä, jotka tavoitteellisesti ryhmiteltiin noin kymmenen pääteeman alle kysymysrungoksi. Hankkeen toimihenkilöistä ja muista hankkeen tukiorganisaation kuuluvista kohdeyrityksen toimihenkilöistä valittiin haastateltaviksi edustava joukko, joka edelleen jaettiin kolmeen ryhmään, kattaen kaikki tutkittavan aihealueen kannalta keskeisimmät henkilöt. Kustakin ryhmästä valittiin ensin yksi henkilö esihaastatteluihin, joissa testattiin kysymysrungen, haastattelumenetelmän ja tekniikan toimivuutta. Tämän jälkeen haastateltiin kustakin ryhmästä riittäväksi katsottu määrä henkilöitä. Haastattelut nauhoitettiin ja litteroitiin tarkastelua varten.

5.2 Haastattelukysymysten valinta

Haastattelukysymyksiä valittaessa oli tarkoituksena löytää korkeintaan kymmeneen yläkysymystä tai aihepiiriä, joita sitten tarpeen mukaan voitaisiin täydentää alakysymyksillä ja tarkentavilla kysymyksillä. Ensin muodostettiin suurempi joukko kysymysaihioita, jotka sitten ryhmiteltiin muutaman laajemman otsikon alle, ja näistä sitten muodostettiin lopulliset yläkysymykset, aiheiden palvellessa ala- ja lisäkysymysten esittämistä. Kysymysaihiot saatiin pitkälti kolmesta lähteestä: Succarin (2010) maturiteettimatriisista (katso taulukko 5), Y3 – Rakentamisen prosessi (2013) -kirjaseen sekä Lindholmin ja Junnosen (2012) kirjan aihepiireistä (katso taulukko 3) ja muutamia nousi esille työn tekijän omasta kokemuspiiristä ja ajatuksista.

Edellä mainittujen pohjalta haastattelun aihepiireiksi valikoituivat seuraavat:

1. Käyttötarkoitus ja hyödyntämistavat;
2. Työkalut (sisältäen ohjelmistot ja laitteistot);
3. Käyttäjät ja osaaminen;
4. Yhteistyötavat ja -menettelyt;
5. Mallin ja käyttäjäroolien määrittelyt;
6. Tietomallintaminen ja kohdeyritys;
7. Tulevaisuus ja tavoitetila.

Haastatteluun tarvittavaksi ajaksi arvioitiin noin 30-45 minuuttia. Kohtuullisen lyhyet haastattelut voitaisiin tehdä työajalla haastateltavien normaalien työtehtävien välissä ilman tarvetta suurempiin aikatauluvarauksiin, eivätkä haastateltavat kokisi haastattelun häiritsevän liiaksi työtehtäviä. Lisäksi arveltiin olevan helpompaa saada haastateltavan suostumus lyhyehköihin haastatteluihin, ja haastateltavien mielenkiinnon ja keskittymisen voitiin arvioida säilyvän koko haastattelun ajan.

5.3 Haastateltavien valinta

Haastattelujen kohderyhmä oli Vt 19 -hankkeen projektihenkilöstö laajennettuna hankkeeseen osallistuvilla kohdeyrittäjien asiantuntijoilla. Haastateltavat jaettiin kolmeen ryhmään: projektin johto, projektin esikunta (käsittäen projekti-insinöörit ja muualla kuin työmaalla työskentelevät asiantuntijat) ja työmaan työnjohto. Kussakin ryhmässä oli tällä jaottelulla 4-5 ihmistä.

Haastateltavien jakamiseen eri ryhmiin päädyttiin, koska oli oletettavaa, että eri ryhmillä olisi eri aihealueisiin erilainen näkökulma ja osaamistaso. Esimerkiksi ei pidetty todennäköisenä, että työnjohtoporras tuntisi sopimuksiin, tilaajasuhteisiin ja kohdeyrityksen johtoon liittyviä asioita kovinkaan hyvin, kun taas projektijohto mahdollisesti ei tuntisi tai ainakaan nostaisi esille kaikkia niitä asioita, jotka ovat lähinnä käytännön työnjohtajaa itse työmaalla. Haastateltavia valittaessa haluttiin varmistaa, että mukaan tulisi riittävästi henkilöitä organisaation joka tasolta, ja toisaalta vastauksissa saatettaisiin havaita eroja eri ryhmien välillä.

5.4 Haastattelujen toteutus

Esihaastattelut toteutettiin joulukuussa 2014 ja varsinainen haastattelukierros tammi – helmikuussa 2015. Yhteensä haastateltiin kahdeksan henkilöä, yhteensä yli puolet laajennetusta työmaahenkilöstä ja vähintään puolet kaikista kolmesta henkilöstöryhmästä. Koko henkilöstön haastattelua ei pidetty tarpeellisenä, koska olennaista uutta ei viimeisissä haastatteluissa enää esiintynyt, ja eikä se aikatauluista, lomista ja muista vastaavista syistä johtuen olisi ollut käytännöllistä.

Haastattelujen toteutuman tilastollinen kuvaus on esitetty taulukossa 4. Haastattelumateriaalia kertyi yhteensä lähes viisi tuntia, lyhimmän haastattelun kestäessä vain hieman yli 17 minuuttia ja pisimmän lähes tunnin ja vartin. Haastattelujen keskimääräinen pituus oli noin puoli tuntia, kuten haastatteluja suunniteltaessa ja esihaastattelujen pohjalta oli arvioitukin.

Taulukko 4: Haastattelujen määrä, yhteispituus ja tilastollinen kuvaus.

Haastateltujen lukumäärä	8 kpl
Haastattelujen yhteispituus	4 h 43 min 45 s
Lyhin haastattelu	17 min 21 s
Pisin haastattelu	1 h 13 min 16 s
Pituuksien keskiarvo	35 min 28 s
Pituuksien mediaani	28 min 52 s

Haastattelut aloitettiin kysymällä miten tietomallintaminen näkyy kunkin haastateltavan omassa työnkuvassa. Kuten puolistrukturoidun haastattelun ajatukseen kuuluu, kysymyksiä ei pyritty esittämään tarkassa järjestyksessä, vaan aihepiiristä toiseen siirryttiin haastateltavan oman kertoman mukana, toisinaan tarkentavia ja lisäkysymyksiä tehden. Kaikki aihepiirit kuitenkin käytiin haastateltavien kanssa läpi vähintään pintapuolisesti, ja haastattelurunkoon palattiin jos keskustelu uhkasi muuten tyrehtyä.

Haastattelujen aikana ilmeni, että osa haastattelukysymyksistä oli suurimmalle osalle kohderyhmää liian abstrakteja tai koskettivat korkeampia organisaatiotasoja siten, ettei niihin oikein osattu vastata, joten niitä sivuttiin vain hyvin yleisellä tasolla. Monien haastateltavien lähtötiedot tietomalleista eivät olleet kovin korkealla tasolla, mikä vaikeutti kysymysten ymmärtämistä. Koska haastattelujen tarkoituksena ei ollut toimia koulutustilaisuuksina, osa kysymyksistä jouduttiin joidenkin haastateltavien kohdalla sivuuttamaan.

5.5 Aineiston käsittely

Haastattelut nauhoitettiin sanelimella digitaaliseen muotoon ja tallennettiin tietokoneelle. Haastattelujen tallenteet litteroitiin myöhemmin lyhentäen ja tiivistäen avainasiat taulukkoon kunkin haastattelukysymyksen kohdalle. Myös muut huomiot ja kehitysjatukset kirjattiin ylös kustakin haastattelusta, vaikkeivät ne aivan minkään haastattelukysymyksen alle aina sopineetkaan, kuten puolistrukturoidun haastattelun kyseessä ollessa oli varsin odotettavaa.

Litteroidusta aineistosta ei tehty tarkkaa tilastollista tai kielellistä analyysia. Aineistosta on sen sijaan pyritty nostamaan esiin toisaalta aineistoa tarkasteltaessa selkeästi erottuvat suuremmat kokonaisuudet ja tiheään esiintyvät asiat, ja toisaalta myös erilaiset näkökulmat. Vastausten tarkempaa erittelyä ja tieteellistä analyysia ei pidetty työn tavoitteiden kannalta tarpeellisena.

6. NYKYTILANNE KOHDEPROJEKTILLA

6.1 Tietomallien käyttö työmaalla

Haastatteluissa nousi selvästi esille kolme keskeistä asiaa, joihin tietomallia oli työmaalla käytetty, ja jotka lähes kaikki haastatellut mainitsivat:

1. Koneohjausmallien luominen;
2. Määrälaskennat mallin avulla;
3. Alempien rakennekerrosten laadunvalvonnan keventäminen koneohjauksesta saatavan ja tietomalliin vietävän mittausdatan ansiosta.

Vähemmässä määrin tietomallia oli käytetty myös muutamiin muihin toimintoihin (kaksi tai kolme mainintaa kustakin): rajankäynteihin maastossa (esimerkiksi tiealueen rajojen ja laskuojien paikkojen ja korkojen tarkastamiseen), apuna lisä- ja muutostyökeskusteluissa ja visualisointeihin.

Yleistä tyytyväisyyttä kaikissa haastatteluissa herätti se, miten hyvin malli tuki koneohjausta ja useimmissa myös se, miten paljon tiesuunnittelijan tuottamien tietomallien laatu projektin aikana oli juuri koneohjauksen näkökulmasta parantunut. Tietomallien laadun katsottiin useimmissa haastatteluissa parantuneen työmaan, tiesuunnitteen ja ohjelmistotoimittajan yhdessä tekemän kehitystyön seurauksena. Projektijohdon näkökulmasta parantunut laatu oli vähentänyt merkittävästi mittaryhmän työtä tietomallin muokkauksessa koneohjausmalliksi, vapauttaen resursseja muihin tehtäviin. Valtaosa haastatelluista oli tyytyväisiä myös siihen, että koneohjauskoneiden tuottaman mittausaineiston myötä alempien rakennekerrosten laadunvarmistuksen keventämisestä oli saatu sovittua tilaajan kanssa, mikä vähensi sekä työnjohdon että mittaryhmän maastossa tehtävää työtä.

Valtaosa haastatelluista koki massalaskentojen helppouden mallista työtä helpottavaksi ja nopeuttavaksi seikaksi. Usein muuten hankalasti mitattavista massanvaihtoista oli koneohjauskoneiden tuottaman, sitten tietomalliin viedyn mittausaineiston avulla saatu selville laajuus- ja määrätiedot huomattavasti perinteisiä menetel-

miä nopeammin. Näin muuttuneista määristä oli muutamien haastateltujen näkökulmasta myös päästy nopeasti käymään muutostyökeskusteluja tilaaajan kanssa.

6.2 Työmaan ongelmat tietomallien käytössä

Keskeisinä ongelmina mallin käytölle hankkeella nousivat lähes kaikissa haastatteluisa esille seuraavat:

1. Tietomallin tarkasteluun ja maastopaikannukseen sopivien laitteiden ja ohjelmistojen, erityisesti työnjohdon työkalujen, puuttuminen ja puutteellisuus;
2. Huonot langattomat verkkoyhteydet työmaalla, ja tästä johtuva hitaus ja hankaluus tietoteknisten työkalujen käytössä, huolimatta siitä, että työmaa on lähellä Seinäjoen kaupunkia ja alueella on 3G-verkko;
3. Tietomallin itsensä vajavaisuus ja puutteellisuus, mikä johtuu siitä, että mallia on tehty paloittain hankkeen suunnittelun edetessä rakentamisen aikana.

Erittäin kiperänä ja kriittisenä, jokapäiväistä työtä haittaavana tekijänä koettiin työnjohdon maastokäyttöön soveltuvien tietomallityökalujen puute. Koneohjauksen käytön myötä maastoon tehtävien fyysisten mittamerkintöjen (niin sanotun tikutuksen) tarve vähenee merkittävästi, mutta se tekee samalla työnjohdolle hankalaksi tai mahdottomaksi paikallistaa itseään toisaalta maastoon ja toisaalta suunnitelmaan. Työmaalla oli ollut testikäytössä kahdenlaisia tablettitietokoneita, joiden avulla työnjohtaja voisi maastossa sijoittua suunnitelmaan, mutta laitteita ei oltu vielä saatu toimimaan siten, että niiden käyttö olisi luotettavaa ja sujuvaa.

Käytössä olevaa Tekla Civil -ohjelmistoa pidettiin useissa haastatteluissa kehityskelpoisena, mutta ei vielä riittävän kehittyneenä ja helppokäyttöisenä työmaan ja erityisesti työnjohdon tarpeisiin. Osa haastatelluista mielsi ohjelmiston itsensä toimivan toimistolla aivan riittävän hyvin, joskin olevan turhankin monipuolinen ja sitä myötä hankala oppia käyttämään. Maastokäyttöön hyvin soveltuvana sitä ei vielä pidetty, ja erityisesti ohjelman käynnistämisen hitaus mobiilien verkkoyhteyksien yli oli yksi ongelmakohdista. Ohjelman kehittämiseksi on tehty ja tehdään jatkuvaa yhteistyötä ohjelmistotoimittajan kanssa, ja verkkoyhteyso ongelmien poistamiseksi kehitteillä on ohjelmistosta myös offline-tila, jolloin maastokäytössä verkkoyhteyttä ei tarvittaisi.

Tietomallien käyttöön saatua koulutusta pidettiin useimmissa haastatteluissa riittävänä suhteessa tietomallin käyttöön työmaalla, mikä on kuitenkin toistaiseksi jäänyt

vähäiseksi ja rajoittuneeksi. Koulutusta on annettu tarpeen mukaan lähinnä pienissä ryhmissä ohjelmistotoimittajan taholta. Koulutustilaisuuksissa on usein tapahtunut myös työmaan toiveiden ja tarpeiden välittämistä ohjelmistotoimittajan suuntaan.

6.3 Mahdolliset tulevat käyttökohteet

Tietomallien käyttö seuraavilla osa-alueilla ei ollut vielä merkittävässä määrin toteutunut, mutta niitä pidettiin todennäköisinä käyttökohteina jatkossa, varsinkin mikäli malli on käytössä heti projektin alusta alkaen:

1. Laadun dokumentointi, laatukansion siirtäminen malliin;
2. Riskienhallinta;
3. Työnsuunnittelu ja resurssimitoitus;
4. Aikataulutus;
5. Kokoukset ja palaverit.

Tietomallin tarjoamia visualisointimahdollisuuksia ei nähty maarakentamisessa yhtä käyttökelpoisina kuin talonrakentamisessa eikä vielä riittävän kehittyneinä. Jonkin verran hyötyä muutamit haastatelluista katsoivat visualisoinneista olevan mahdollista saada palaverien ja perehdytyksen yhteydessä. Hankintojen ja mallin välillä ei juuri lainkaan nähty yhteyksiä muuten kuin helpottuvan määrälaskennan kautta.

Erityisen suuria toiveita tietomalleista tulevaisuudessa saatavien hyötyjen suhteen oli laadunvarmistuksen ja -dokumentoinnin saralla kaikilla haastatelluilla. Suoraan koneista, mittalaitteista ja työnjohdolta malliin vietävän tiedon toivottiin jatkossa kokonaan korvaavan erilliset, paperisina sekä elektronisina dokumentteina koottavat laatumapit. Toiveena lähes kaikilla oli, että mahdollisimman nopeasti tietomalliin voitaisiin liittää paikkatietoon sidottuja valokuvia. Valokuvien tai muiden dokumenttien vieminen tietomalliin ei kuitenkaan vielä ollut mahdollista.

Sekä toteutuneiden että suunniteltujen määrien hallinnan arveltiin paranevan, mikäli riittävän täydellinen malli olisi jo työmaan suunnitteluvaiheessa käytössä. Riittävän tarkka määrätieto vähentää massariskejä ja mahdollistaa oikean resurssimitoituksen kautta paremman työnsuunnittelun ja aikataulutuksen. Osaltaan tietomallin tarjoama visuaalinen kuva voi auttaa hahmottamaan työmaan, sen sisältämät riskit ja aikataulutekijät paremmin.

Tietomallin käyttöä kokouksissa ja palavereissa arveltiin voitavan parantaa työmaalla välittömästi. Yhdistettäessä mallin suunnitelma- ja toteumatietoa kaikkien nähtävillä sen ajateltiin parantavan kommunikaatio ja helpottavan keskeisten kysymysten nostamista esille ja avautumista kaikille. Esteenä mallin käytölle kokousten ja palaverien yhteydessä oli aiemmin ollut ennen kaikkea sen puutteellisuus vielä valmistumattoman suunnittelun vuoksi. Haastatteluja tehtäessä tietomalli alkoi kuitenkin olla jo suurelta osin niin valmis, että sen ottamisesta mukaan kokouksiin ja palaveriin pidettiin jo mielekkäänä.

6.4 Henkilöstön käsitykset tietomallitoiminnasta

Yleisesti voidaan todeta, että suurimmalla osalla haastatelluista oli melko epämääräinen ja selkiytymätön kuva siitä, mitä tietomallit ovat ja minkälaisia käyttömahdollisuuksia niillä on. Aiheeseen olivat perehtyneet paremmin vain muutamat harvat; kuitenkin jokaisesta haastateltujen ryhmästä ainakin yksi tällainen henkilö löytyi. Tietoisuudessa ja osaamisessa oli havaittavissa parantamisen varaa kaikissa ryhmissä.

Monet haastatteluissa esiin nostetuista asioista liittyivät itse asiassa koneohjaukseen enemmänkin kuin tietomallien käyttöön. Koneohjausmallit ja tietomallit ovat kuitenkin eri asioita, kuten luvussa 2.4 todetaan. Koska tutkitullakin hankkeella saadut kokemukset koneohjauksesta ovat olleet pääosin hyvin positiivisia, ja tietomallit koneohjauksen käyttöä hyvin tukevat, voitaneen pitää lähes varmana, että koneohjauksista tietomallihankkeissa jatkossakin käytetään, jopa kasvavassa määrin. Näin ollen tämän työn tavoitteiden kannalta ei ole tarpeellista erotella itse tietomallien suoria ja toisaalta koneohjauksen kautta tulevia vaikutuksia, vaan koska tarkoitus on käsitellä työmaiden tuotannonohjauksena kokonaisuutena, näitäkin voidaan käsitellä yhdessä. Ero on kuitenkin hyvä pitää mielessä.

Haastateltujen ryhmistä työnjohdolla oli selvästi toiveikkaampi kuva kohdeyrityksen johdon käsityksestä, ymmärryksestä ja näkemyksen yhtenäisyydestä tietomallien ja niiden käytön suhteen kuin projektijohdolla ja esikunnalla. Jälkimmäiset kaksi ryhmää ovat työnsä puolesta enemmän kosketuksissa yrityksen johdon kanssa. Jälkimmäisissä ryhmissä suhtauduttiin selkeästi skeptisemmin siihen, että johdolla olisi yhtenäinen ja selkeä kuva siitä, mitä tietomallit ovat ja miten niiden suhteen tulisi menetellä.

Kohdeyrityksen toimintatavat tietomallintamisen käyttöönoton ja kehittämisen suhteen herättivät kritiikkiä asian kanssa enemmän tekemisissä olleissa haastatelluissa. Kehityskustannusten kohdistamista yksittäisille rakennushankkeille siten, että ne

vaikuttavat suoraan kyseisten hankkeiden taloudelliseen tulokseen, pidettiin epäoikeudenmukaisena. Koska kehitystyön tarkoituksena on hyödyttää kohdeyritystä kokonaisuutena, myös kustannusten pitäisi useiden haastateltavien näkemyksen mukaan jakautua yritykseen tasaisemmin. Kehitystyöhön tarvittaisiin niin rahallisia kuin resursseja, joiden käyttö ei ole suoraan pois yksittäisen hankkeen tuloksesta. Tällä hetkellä kehitystyötä tehdään vain muiden työtehtävien ohessa.

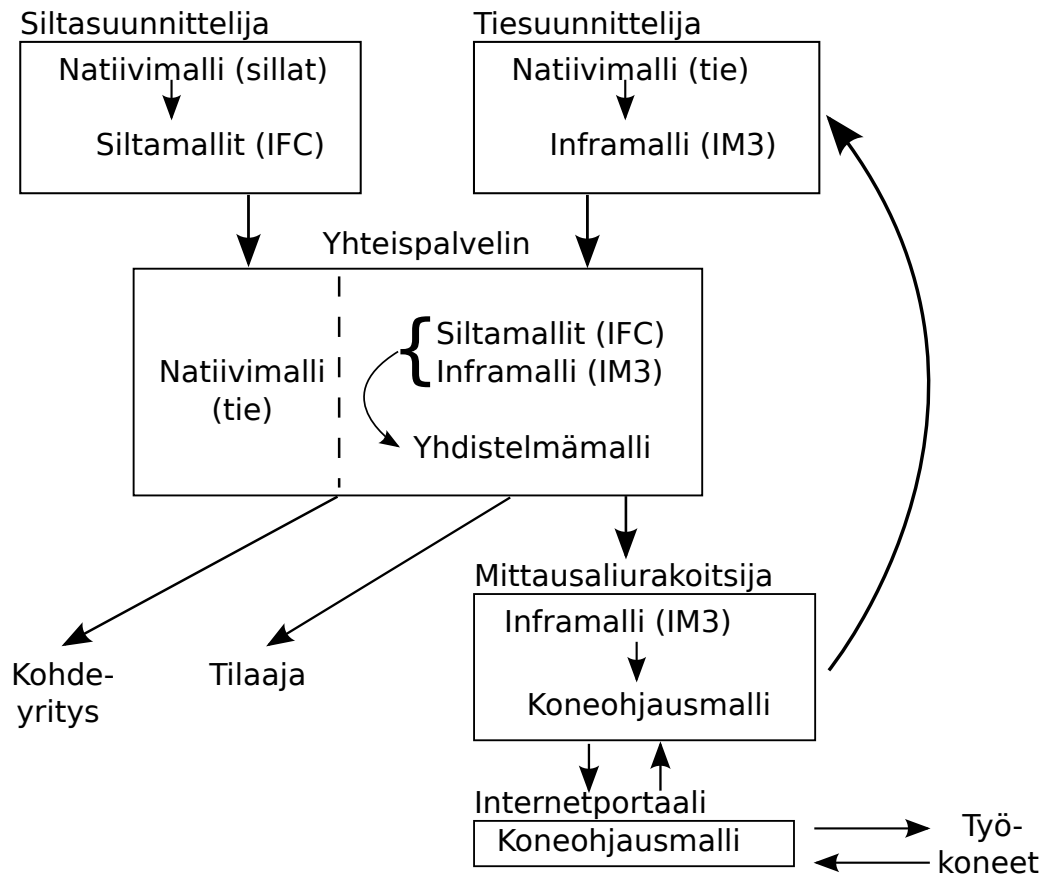
6.5 Tietomallien käyttöympäristö nyt ja tavoitetilassa

Olennaista tietomallien käytön tilanteen ja tavoitteiden ymmärtämiseksi on myös hahmottaa, millaisessa käyttöympäristössä ja rakenteessa malleja käytetään, ja vastaako se tarpeita ja tavoitteita. Haastateltujen perusteella koottu kuva tietomallien käyttöympäristön rakenteesta ja tietovirroista on esitetty kaaviomuodossa kuvassa 4, ja selitetty tarkemmin alla. Tulevaisuuden tavoitetilaan, joka on esitetty kuvassa 5, palataan luvun lopussa.

Tiesuunnittelija tekee tierakenteiden suunnitelman tietomallipohjaisesti Tekla Civil-ohjelmistolla omalla palvelimellaan, jolloin syntyy niin sanottu *natiivimalli* (Serén 2014 s. 29). Natiivimallista tuotetaan edelleen varsinainen *inframalli* (Serén 2014 s. 7) eli yhteiskäyttöinen infrarakenteiden tietomalli InfraModel3-formaatissa. Silta-suunnittelija on suunnitellut yhden hankkeen silloista kokonaan tietomallipohjaisesti IFC-standardin (Industry Foundation Classes) mukaisesti, muut sillat on suunniteltu niin sanotusti perinteisenä 3D-suunnitteluna ja niistä on luotu ainoastaan ulkopintojen pintamalli IFC-standardiin. Tierakenteiden ja siltojen mallit siirretään ajoittain (niin sanottu dumppi) suunnittelijoiden palvelimilta hankkeen yhteiselle palvelimelle.

Hankkeen yhteisellä tietomallipalvelimella kohdeyrityksen henkilöstö voi tarkastella suoraan tierakenteiden natiivimallia Teklan ohjelmistoilla sekä eri katseluohjelmilla InfraModel3-inframallia, siltamalleja ja nämä yhdistämällä saatavaa *yhdistelmämallia* (Serén 2014 s. 47). Inframallia, siltamalleja ja yhdistelmämallia pääsevät hankkeen yhteispalvelimella tarkastelemaan myös hankkeen tilaaja ja kohdeyrityksen mittausaliurakoitsija. Yhteispalvelimella edellä mainittuja tietomalleja pääsevät tarvittaessa katselemaan myös muut hankkeen osapuolet tai intressitahot, kuten kunnalliset viranomaiset tai aliurakoitsijat.

Mittausaliurakoitsija muuntaa InfraModel3-muotoisen inframallin edelleen työmaan työkoneiden ohjelmistojen kanssa yhteensopivaksi *koneohjausmalliksi* (Serén 2014 s. 25). Mittausaliurakoitsija tarkistaa, että näin luotu koneohjausmalli ei sisällä virheitä,



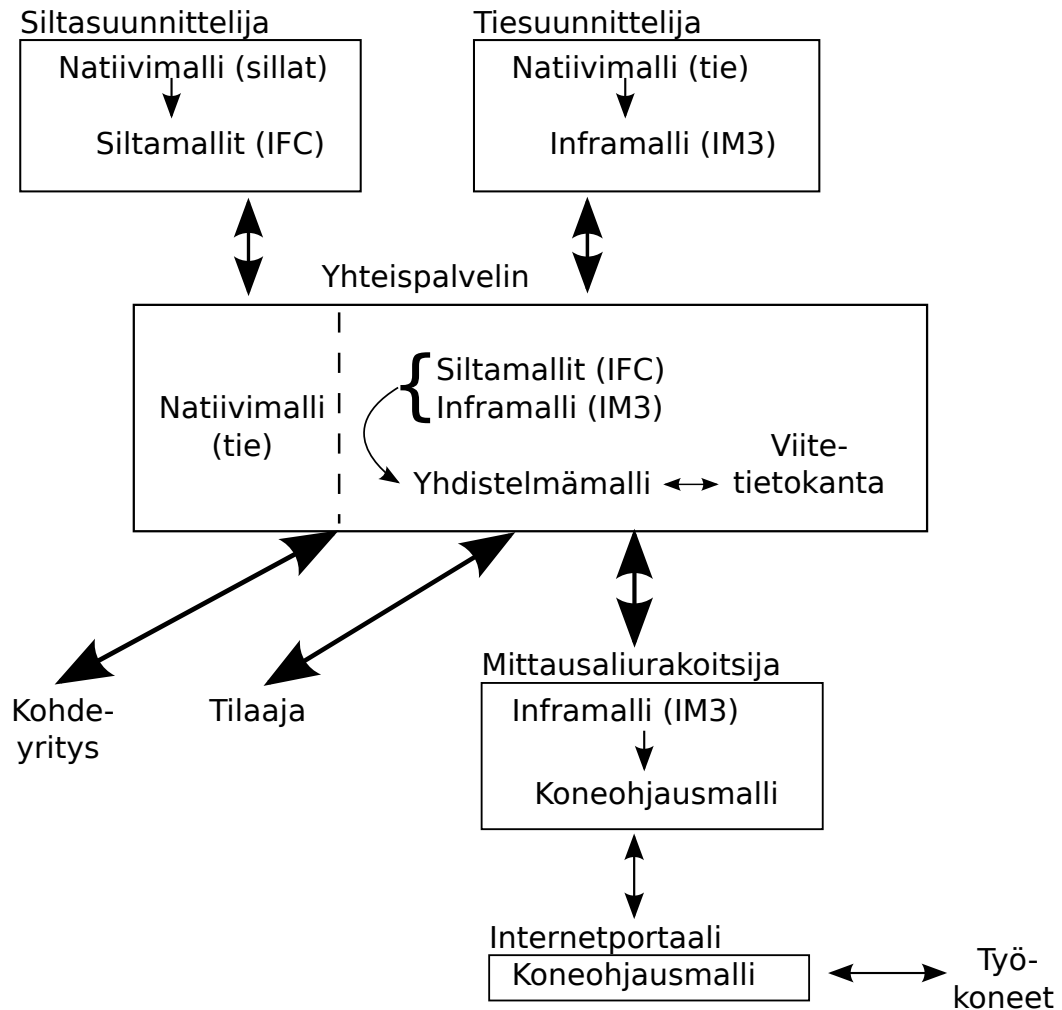
Kuva 4: Tietomallijärjestelyn rakenne ja tietovirrat nykytilanteessa

minkä jälkeen tarkastettu malli välitetään erillinen Internet-portaalin kautta langattomasti työkoneisiin. Koneohjattujen työkoneiden antureista saatava toteumatieto välittyy samaa reittiä takaisin mittausaliurakoitsijalle.

Mittausaliurakoitsija ei kuitenkaan vielä haastattelujen tekoaikaan vinyt itse maastosta mittaamaansa tai koneohjauskoneista saatua mittatietoa suoraan yhteis palvelimella olevaan tietomalliin, vaan välitti sen suoraan suunnittelijalle. Suunnittelija sisällyttää saamansa tiedot omaan malliinsa ja tieto siirtyy suunnittelijan mallista yhteis palvelimen tietomalliin. Samoin sen paremmin kohdeyritys kuin tilaajatahokaan ei vie tietoa yhteis palvelimelle.

Tiedon siirto suoraan yhteis palvelimella olevaan tietomalliin hankkeen muilta osapuolilta, kuten kohdeyritys, tilaaja ja mittausaliurakoitsija, on haastattelujen mukaan tarkoitus ottaa käyttöön. Käyttöönottoa ei kuitenkaan joidenkin teknisten ongelmien vuoksi ollut toteutettu vielä haastatteluja tehtäessä. Koska tietomalli oli vasta vain muiden osapuolten katseltavissa, sitä ei voida vielä pitää sellaisena yhteiskäyttöisenä interaktiivisena tietomallina kuten esimerkiksi Succar (2009) tarkoittaa.

Kuvassa 5 on esitetty tavoitetila tietovirroista kohdehankkeen tapauksessa käytet-
täessä aidosti interaktiivista tietomallia. Verrattaessa kuvia 4 ja 5 nähdään selkeä
ero tietovirtojen määrässä ja suunnissa.



Kuva 5: Tietomallijärjestelyn rakenne ja tietovirrat tavoitetilassa

Nykyisin käytössä oleviin tietomalliformaatteihin (Inframodel 3 ja IFC) voidaan li-
sätä linkkejä mallin ulkopuolisiin tiedostoihin, kuten kuviin tai asiakirjoihin. Näi-
tä tiedostoja ei kuitenkaan voida sisällyttää itse tietomalliin. Jotta mallitoiminta
saataisiin sellaiselle tasolle, että esimerkiksi laatukansio voitaisiin toteuttaa mallin
avulla, tarvitaan jonkinlainen viitetietokanta, johon nämä linkitettävät tiedot sijoit-
tetaan, kuten kuvassa 5 on esitetty. Ilman tällaista linkitettyä tietovarastoa itse malli
ei vielä täytä siihen kohdistettuja toiveita.

7. NYKYTILAN JA KEHITYSTARPEIDEN ANALYYSI

7.1 Kohdeyrityksen tietomalliparadigma

Taylorin ja Bernsteinin (2009) tietomalliparadigmoista (luku 3.2) kohdeyrityksen voidaan katsoa lähinnä sijoittuvan *koordinaatioparadigmaan*. Visualisointiparadigma ei tule kyseeseen, eikä visualisointia muutoinkaan pidetty edes kovin tärkeänä ominaisuutena, vaikka siitä jotakin etuja katsottiin olevan mahdollista saada. Samoin tietomallitoiminta ei selvästikään ole vielä siinä vaiheessa, että voitaisiin puhua analyysiparadigmasta.

Koordinaatioparadigmassa pääpaino on suunnitelmien yhteensovituksella ja yhteistyön rakentamisella eri projektiosapuolten kesken (Taylor & Bernstein 2009 ss. 71-72). Tietomalliympäristön keskeneräisyyden ja tietomallitoiminnan kehittymättömyyden perusteella voidaan ajatella, että koordinaatioparadigmakaan ei ole vielä täysimääräisesti saavutettu. Siihen suuntaan näytettäisiin kuitenkin olevan menossa.

Taylorin ja Bernsteinin (2009) mukaan varsinaiset tietomallintamisen suuremmat edut ovat saavutettavissa vasta mentäessä paradigmaketjua eteenpäin (s. 72). Tietomallit itsessään ja niiden sisältämät tieto pitäisi saada riittäviksi sitä varten, jotta analyysiparadigmaan voitaisiin ylipäättänsä siirtyä ja mallin pohjalta voitaisiin analyysijä tehdä. Tuotantoketjuparadigmaan pääsemiseksi toimittajayhteistyötä pitäisi kehittää aivan uuteen suuntaan. Osaltaan koneohjauksen voidaan ehkä ajatella olevankin tätä, toisaalta tuotantoketju työmaan ulkopuolella ei maanrakentamisessa näyttele yhtä merkittävää osaa kuin talopuolella (vertaa luku 2.4).

7.2 Kohdeyritys Succarin maturiteettimatriisissa

Verrattaessa haastattelussa saatua aineistoa Succarin maturiteettimatriisiin (Succar 2010, katso luku 3.3) eri osaamisalueisiin vaikuttaa siltä, että useimpien niiden kohdalla ollaan alkutilassa (a, initial) ja muutamien kohdalla korkeintaan kakkostasolla

(b, defined). Kolmostasolla ei olla millään osa-alueella, kuten nähdään taulukosta 5, jossa sijoittuminen eri osaamisalueilla on esitetty tiivistetysti. Taulukossa kirjaimen perässä oleva plus- tai miinusmerkki kuvaa sitä, että kyseisellä osa-alueella kohdeyritys sijoittuu tosiasiasa johonkin mallin tasojen välimaastoon.

Taulukko 5: Kohdeyrityksen sijoittuminen Succarin maturiteettimallin eri osaamisalueilla haastattelujen perusteella. (Mukaillen Succar 2010.)

Osaamisalueet		(a) Alkutila	(b) Määritely	(c) Johdettu	(d) Integroitu	(e) Optimoitu
Teknologia	Ohjelmistot		b–			
	Laitteet	a				
	Verkkoyhteydet		b			
Prosessi	Työympäristö	a				
	Tuotteet ja palvelut		b+			
	Henkilöstö		b–			
	Johto	a				
Menettelyt.	Määräykset	a+				
	Sopimukset	a				
	Koulutus		b–			

Ohjelmistojen osalta määritely -taso tarkoittaa ohjelmistojen yhdenmukaista ja monipuolista käyttöä niin kaksi- kuin kolmiulotteisten tuotosten luomiseen. Tiedonhallinta ja -vaihto ovat selkeitä ja hyvin määriteltyjä. Johdettu -tasolle pääsemiseksi tietomallien tulisi olla kaikkien suunnitelmien, visualisointien, määrien, tuotemäärittysten ja analyysien pohjana. Ohjelmistojen valinnan eri käyttötarkoituksiin tulisi olla johdonmukaista ja tiedonhallinnan ja varastoinnin dokumentoitua ja seurattua. (Succar 2010 s. 31)

Laitteet ovat alkutilassa vielä riittämättömät tarpeisiin nähden ja laitteistot ovat standardoimattomia. Niiden hankinnat ja päivitykset nähdään vain kuluerinä. Määritely -tasolle pääsemiseksi laitteistojen tulisi olla standardoituja, vastata tarkoin käyttötarpeita ja niiden hankinnan tulisi olla järjestelmällistä ja budjetoitua. (Succar 2010 s. 31)

Määritelty -tasolla **verkkoyhteydet** tiedonjakoon ja -hallintaan on saatu toimimaan tyydyttävällä tasolla, vaikka yhteydet voivat olla hitaita. Organisaatiot määrittelevät verkkotarpeensa omista lähtökohdistaan. Hallittu -tasolle pääsemiseksi verkkoyhteyksien tulisi olla standardoituja, jaettuja ja korkeanopeuksisia. Tiedonjakoalustat on määritelty ja tiedonhallintatyökaluja käytetään järjestelmällisesti. (Succar 2010 s. 31)

Työympäristöä ei alkutilassa mielletä tekijäksi työtyytyväisyydessä ja työn tuotavuudessa. Tietomalliosaamista ja -tietoa jaetaan lähinnä satunnaisesti ja epämuodollisia kanavia pitkin eikä hiljaista tai eksplisiittistä tietoa osata hallita. Määritelty -tasolle pääsemiseksi organisaatiossa oleva tieto, niin hiljainen kuin eksplisiittinenkin, pitää osata valjastaa ja sen jakaminen ja dokumentoiminen on systematisoitava. Työympäristön vaikutus ymmärretään ja sitä kehitetään sen mukaisesti. (Succar 2010 s. 32)

Tuotteiden ja palveluiden osalta määritelty -tasolla on olemassa selkeät periaatteet tietomallin rakenteelle ja hallittu -tasolla rakenne on standardoitu (Succar 2010 s. 32). InfraModel 3 -formaatti on jo käytössä, mutta Yleiset inframallivaatimukset (YIV 2015) julkaistiin 5.5.2015 eli vasta tässä työssä tehtyjen haastattelujen jälkeen (Mäkelä 2015). Näin ollen ainakaan toimintaa ei vielä voida pitää täysin vakiintuneena ja sen saattamiseksi uusien vaatimusten tasolle pitänee tehdä työtä.

Määritelty -tasolla **henkilöstön** roolit ja tehtävät tietomallintamisen suhteen eivät ole muodollisesti tarkkoja, ja jokainen projekti on yksittäiskappale. Tietomalliosaamisen kasvun myötä riippuvuus yksittäisten henkilöiden saavutuksista vähenee, mutta tavoitteiden saavuttaminen on vielä satunnaista. Hallittu -tasolle pääsemiseksi roolien pitää olla näkyvät ja tavoitteet saavutetaan säännönmukaisemmin, ja tiedonvaihto ja oppiminen projektien välillä on jatkuvaa. (Succar 2010 s. 32)

Johdon näkemykset tietomallintamisesta ovat alkutilassa selkiintymättömät ja strategia tietomallien käyttöönottoon puuttuu. Tietomallintamisen tuomia liiketoiminta- ja kehitysmahdollisuuksia ei tunnisteta, vaan sitä pidetään ainoastaan yhtenä teknologiana muiden jo käytössä olevien joukossa. Määritelty -tasolle pääsemiseksi johdon pitäisi omaksua yhteinen näkemys ja edes jonkinlainen strategia tietomallien suhteen, vaikka strategia vielä olisikin yksityiskohdiltaan epämääräinen. Tietomallintamisen vaikutus prosesseihin tulisi ymmärtää, ja havaita siitä seuraavat innovaatiot ja liiketoimintamahdollisuudet, vaikka niitä ei vielä varsinaisesti osattaisikaan hyödyntää. (Succar 2010 s. 32)

Alkutilassa **menettelytavat**, määräykset ja ohjeet ovat vakiintumattomia ja puuttuvat. Dokumentointi- ja mallinnusstandardeja ei ole, eikä laadunvarmistussuunni-

telmia kumpaankaan. Vertailukäytännöt (benchmarking) puuttuvat. Määritelty -tasolle pääsemiseksi saatavilla pitäisi olla koulutusohjekirjoja ja standardit tietomallitoimituksille. Dokumentoinnin pitäisi tapahtua yleisesti käytössä olevien standardien mukaan. Laatu- ja vertailutavoitteet tulisi asettaa. (Succar 2010 s. 33)

Sopimusten suhteen alkutilassa toimitaan edelleen vanhojen sopimusmallien pohjalta. Tietomallintamiseen liittyviä riskejä ei huomioida sopimuksissa. Määritelty -tasolla kunkin osapuolen tiedonhallintaan liittyvät velvollisuudet on määritelty sopimuksissa. (Succar 2010 s. 33)

Koulutusta tarjotaan määritelty -tasolla vain tarvittaessa ja koulutustavat ovat vaihtelevia, vaatimukset on määritelty. Johdettu -tasolle pääsemiseksi olisi määriteltävä laajemmat osaamistavoitteet ja koulutusvaatimukset johdettava niistä. Kustannustehokkaat koulutustavat tulisi valita koulutettavien mukaan. (Succar 2010 s. 33)

Yleisesti voidaan todeta kohdeyrityksen sijoittuvan Succarin kehyksessä **objektipohjaisen mallintamisen** tasolle. Kehityksen suunta näyttää olevan kehyksen enustamalla tavalla kohti seuraavaa, mallipohjaisen yhteistyön tasoa, mutta sinne on vielä matkaa. Nykyiset käytössä olevat ohjelmistot ja järjestelmät eivät nekään vielä mahdollista seuraavalle tasolle siirtymistä.

7.3 Tilaajan ja hankintamuotojen vaikutus

Kuten luvussa 2.4 on todettu, Liikennevirasto on Suomessa ottanut tietomallien käyttöönoton edistettäväkseen infrarakentamisessa (Liikennevirasto 2014). Tilaajien asettavat vaatimukset ovatkin tällä hetkellä keskeisin infra-alan tietomallintamista eteenpäin vievä voima Suomessa, alan toimijoista itsestään lähtevää maturiteettimallien mukaista kehitystä ei juuri ole havaittavissa. On oletettavaa, että tilaajien – ennen kaikkia julkisten tahojen – vaatimukset asian suhteen ovat jatkossakin tietomallintamista vahvasti ohjaava tekijä.

Tilaaja päättää paitsi asettamistaan vaatimuksista tietomallintamisen suhteen, myös urakan hankintamuodosta. Tietomallien etuja käsittelevässä kirjallisuudessa mainitaan usein, että tietomallit tuovat mukanaan uusia hankintamuotoja ja sopimusmalleja. Taustaoletuksena vaikuttaa tällöin kuitenkin olevan talonrakennusteollisuudelle tyypillinen tilaatahojen laajempi heterogeenisuus. On eri asia miten hankintamuodot kehittävät maarakennusalalla, etenkin väylähankkeissa, joissa on hyvin keskittynyt tilaajapuoli, joka pitkälti sanelee sopimusmuodot ja -ehdot, ja on myös loppukäyttäjää edustava osapuoli.

Kuten kohdehankkeen tapauksessa on käynyt selvästi esille, tietomallin hyödyntämiseen työmaalla vaikuttaa paljon se, miten valmis tai pitkälle viety malli on. Jos tietomalli on kovasti puutteellinen ja keskeneräinen, sitä on hankala hyödyntää. Tähän asiaan hankintamuodolla on huomattava vaikutus: miten valmiina tietomalli rakentajalle toimitetaan vai onko sen luominen esimerkiksi suunnittele ja toteuta-hankkeessa rakentajan vastuulla. Tietomallien etuja ajatellaan saatavan juuri suunnittelun ja rakentamisen lomittumisesta; tietomallin hyödyntäminen tuotannonohjauksessa on kuitenkin vaikeaa, jos se ei ole varsin pitkälle viety työmaan alkaessa.

Mihin suuntaan tietomallintamisen käyttö väylähankkeiden maailmassa etenee tullee olemaan hyvin paljon riippuvainen siitä, mihin suuntaan ja miten tilaajataho haluaa sitä viedä. Miettinen ja Paavola (2014) huomauttavat, että liian tiukka standardisaatio estää innovaatiot, kun taas liian löyhä voi johtaa kaaokseen, joka ei sekään edistä teknologian kehittymistä (s. 89). Riskinä on, että tietomallintamisen avulla saavutettaviksi ajatellut edut jäävät saavuttamatta jos niiden käyttöönotto ja soveltaminen jää puolitiehen. Tietomallit saattavat jäädä vain uudeksi tavaksi tuottaa ja jaella suunnitelmia ja tallentaa laatuaineistoa, jolloin niiden vaikutus muihin toimintoihin esimerkiksi juuri tuotannonohjauksessa surkastuu.

Perinteisiä toteutusmalleja on moitittu rakentamis- ja suunnitteluprosessien liiasta eriyttämisestä, mikä haittaa kommunikaatiota ja koordinaatiota suunnittelijoiden ja rakentajien välillä. Porwalin ja Hewagen (2013) tekemän kirjallisuuskatsauksen mukaan tietomallien käyttöönotto ei ole tuonut merkittäväällä tavalla uusia hankintamalleja, vaan käytetyt sopimusmuodot ovat vain vanhojen hieman muokattuja versioita. Käytetyin muoto on edelleen perinteinen kokonaisurakka (design-bid-build), ja tiepuolella käytettyjä ovat suunnittele-toteuta (ST, design-build) ja suunnittele-toteuta-rahoita-ylläpidä (design-build-finance-operate). Vaikka IPD (Integrated Project Delivery) näyttäisikin olevan tietomallien edut parhaiten hyödyntävä toteutusmalli, julkinen sektori ei vielä ole sen käyttöön valmis. (Porwal & Hewage 2013, s. 206, s. 208)

Alhava et al. (2015, s. 148) rinnastavat tietomallinäkökulmasta integroidun projekti-tuotannon (IPD) ja Liikenneviraston käyttämän allianssimallin. Succar (2009) pitää IPD:tä tietomallien kehityksen päämääränä tai lopullisena tuotteena (ss. 361-362). Becerik-Gerberin ja Ricen tutkimuksessa (2010) vastaajat pitivät IPD:tä parhaiten tietomallintamisen kanssa toimivana toteutusmuotona. Shou et al. (2014) katsovat tietomallintamisen katalysaattorina siirtymisessä kohti uusia toteutusmuotoja, vaikka IPD:n käyttö onkin vielä lapsenkengissä. Miettinen ja Paavola (2014) taas pitävät toiveajatteluna sitä, että IPD:hen kohdistuvat odotukset toteutuisivat, ja sen määrittelyä lopputilaksi Succarin tavoin liian kapeakatseisena (s. 88).

Kaiken kaikkiaan ei vaikuta siltä, että suomalaisessa maarakentamisessa oltaisiin kovin nopeassa tahdissa siirtymässä kohti integroitua projektituotantoa. Perinteisen tyyppiset sopimusmallit asettavat rajalinjoja tietomallien käyttöön ja soveltamiseen: kaikkea tietoa ei haluta jakaa kaikille. Aiheellinen kysymys on myös, tulevatko tietomallit koskaan käyttöön kaikissa urakoissa, vai jonkinlaisessa supistetussa muodossa.

7.4 Muutospaineet tuotannonohjauksen osa-alueisiin

Eräs toisinaan esille nouseva kysymys on se, miten suuren mullistuksen työmaiden tuotannonohjaukseen tietomallien käyttöönotto tuo. Hartmann et al. (2012) totesivat kahden tekemänsä tapaustutkimuksen yhteydessä, että projektijohto löysi tietomallintamisesta etuja vasta kun tietomallityökalut saatiin riittävän tarkasti vastaamaan jo käytössä olleita projektinhallintatyökaluja. Tähän pohjaten he myös ehdottavat, että tietomallien käyttöön pitäisi lähteä pienin askelin: soveltaa ensin paikallisten prosessien tasolla, ja edetä asteittain kohti teorian lupaamia laajempia ja korkeamman tason etuja. (Hartmann et al. 2012 s. 611) Heidän näkemyksensä mukaan nykyiset parhaat käytännöt soveltuvat hyvin tietomallien käyttöönoton ymmärtämiseen ja ohjaukseen. (Hartmann et al. 2012 s. 606)

Massatalouden hallinnan kannalta määrätietojen saaminen mallista ja toteutumien vieminen malliin tarjoaa uudenlaisia mahdollisuuksia. Niiden hyödyntämiseen käytännössä on kuitenkin vielä matkaa. Pilottihankkeessa ongelmaksi osoittautui lähtötietojen ja sitä myötä lähtötietomallin epätarkkuus, jonka vaikutukset näkyvät massataloudessa ja kustannusarvioissa (Ratia et al. 2014 s. 10). Markkinoilla on erilaisia massansiirtojen seurantaan tarkoitettuja ratkaisuja, mutta niiden kytkeminen tietomalliin ei näytä vielä toimivan. Määrälaskennan lisäksi tietomallit voivat mahdollistaa esimerkiksi kuljetussimulaatiot ja erilaiset massojen siirron toteutuman seurantaan liittyvät sovellutukset.

Ajallisen hallinnan kannalta jo parantunut määrätieto johtaa osaltaan parempaan kontrolliin. Työmaan ajallisen etenemisen visualisointia on jo pitkään esitetty uudeksi työkaluksi (esimerkiksi Chau et al. 2003), mutta tämä ei näytä maarakentuspuolella olevan kovin pian toteutumassa. Ajansäästön sanotaan olevan yksi tietomallintamisen suurimmista eduista, mutta Bryde et al. (2013) toteavat tietomallilla toteutetuissa projekteissa saavutetun ajansäästön olleen pääasiassa suunnitteluvaiheeseen liittyvää, kun itse rakentamisvaiheessa tietomallien avulla saavutetusta aikataulusäästöstä oli vain harvoja mainintoja (s. 977).

Kustannushallinnan näkökulmasta kustannustiedon yhdistäminen suoraan tietomalliin tuskin tulee kaikissa urakoissa kyseeseen. Mikäli tietomalli on tilaajan omis-

tuksessa, urakoitsija ei halunne viedä sisäisiä kustannustietojaan malliin. Toisaalta tilaaja saattaa haluta viedä omia kustannuksiaan malliin, jolloin tietomalli kertoo kustannuksista eri osapuolen näkökulmasta. Urakoitsijan todellisten kustannustietojen vieminen tietomalliin tulee kysymykseen kenties allianssiurakoissa ja vastaavissa toteutusmuodoissa, joissa toimitaan avoimien kirjojen periaatteilla ja kustannukset ovat läpinäkyviä.

Määrä- ja toteumatietojen tuominen tietomallista suoraan urakoitsijan kustannus-seurantajärjestelmiin voidaan sen sijaan melko varmasti jossain vaiheessa toteuttaa. Näin voitaneen vähentää tietojen syöttämiseen kuluva työtä ja varsin mahdollisesti myös parantaa kustannustiedon tarkkuutta ja laatua, jolloin kustannusten hallintakyky paranee. Tämä kuitenkin edellyttää myös sitä, että mallista saatava tieto riittävän korkealaatuista. Pilottihankkeessa lähtötietojen epätarkkuus todettiin merkittävästi tietomallin tarkkuutta heikentäväksi seikaksi (Ratia et al. 2014 s. 4).

Laadunhallintaan mallintaminen tuonee paljon muutoksia, joista osa on nähtävissä jo kohdeprojektilla ja pilottihankkeessa. Laatumittaustiedon automaattinen siirtyminen malliin tulee olemaan tulevaisuutta, ja koneohjauksesta saatava tieto tukee vahvasti tätä kehitystä. Laadunvarmistuksesta vastaavan projektihenkilöstön työnkuva muuttuu käsin tehtävän työn ja paperilla tai erillisinä sähköisinä asiakirjoina tapahtuvan tiedon tallennuksen vähentyessä. Tietomalliin tapahtuva toteuma- ja laatu-tiedon tallentaminen on tärkeä osa prosessia, mikäli tietomalleista saatavia etuja itse rakennusvaiheen jälkeen halutaan hyödyntää.

Hankintojen hallinta ja siihen liittyvä toimitusketjujen tiivistyminen eivät välttämättä näyttele maarakennusalalla yhtä merkittävää roolia kuin talonrakennuksessa, koska yleensä suurin osa käytettävistä materiaaleista tulee hankkeen sisältä. Tyyppillinen maarakennushanke sisältää huomattavasti paljon vähemmän ulkopuolisia hankintoja kuin talonrakennus, jossa lähes kaikki materiaalit tuodaan rakennuspaikalle sen ulkopuolelta. Ajateltaessa aliurakoita hankintoina yhteensopivien koneautomaatiolaitteiden ja muun vastaavan tekniikan välttämättömyys voi toisaalta myös tiivistää suhdetta tiettyihin aliurakoitsijoihin.

Parantuva määrätieto auttaa hankintojen tekemisessäkin. Mielenkiintoinen kysymys on, auttaako kolmiulotteinen tietomallia aliurakoiden urakkarajojen määrittelyssä entistä paremmin. Omimmilleen tietomalli hankinnoissa pääsee erikoisalojen, kuten valaistuksen ja liikenteenohjauksen, hankinnoissa, koska näissä voidaan talonrakennuksen tapaan tilata suoraan ulkopuolella valmistettavia asennusvalmiita tuotteita työmaalle.

Epävarmuuden hallinnan näkökulmasta tietomallit voivat auttaa vähentämään joitakin riskejä, kuten määräriskejä ja auttaa havaitsemaan ja poistamaan suunnitelmaristiriitoja ja turvallisuusongelmia, mutta toisaalta niiden käytöstä voi seurata aivan uusia riskejä (vertaa luku 2.3). Tietomallien käyttöönotto on jo itsessään, uutena asiana, riski yritykselle. Suunnitelmamuutosten hallinnan kannalta ajantasainen tietomalli voi vähentää niin sanotusti väärillä kuvilla tekemisen riskiä, toisaalta, toteutusmallista riippuen, muutosten seuraaminen ja niihin liittyvät juridiset ja taloudelliset vastuut voivat muuttua.

Viestinnän hallinnassa tietomallintamisen odotetaan parantavan erityisesti hankkeen sisäistä ja sen lähimpien sidosryhmien kanssa tapahtuvaa viestintää, kuten pilottihankkeessa havaittiin. Visualisoinneilla voidaan tuottaa viestintään materiaalia, mutta ulkoiseen viestintään mallien käyttö ei suuresti vaikuttane. Paljon on kiinni siitä, miten aktiivisesti ja keiden tahojen kanssa tietomallia käytetään.

Tietomallintamisen keskeisenä etuna on nostettu esille kommunikaation on yhteistyön parantuminen, ja tätä havaittiin pilottihankkeessakin. On kuitenkin syytä pitää mielessä, mitä Dossick ja Neff (2010) asiasta toteavat: pelkkä tietomallintamisen käyttöönotto ei ratkaise mitään ongelmia, vaan sitä on myös osattava käyttää. Tietomallintaminen ei poista raja-aitoja organisaatioiden väliltä, vaan vanhat roolit istuvat syvässä. Onnistuminen riippuu edelleen pitkälti projektin johdosta. (Dossick & Neff, 2010).

Työturvallisuuden hallintaan tietomallit tuovat joitakin uusia mahdollisuuksia ja työkaluja. Sulankivi et al. (2009) korostavat tietomallintamisen mahdollisuuksia työmaan alue- ja turvallisuussuunnittelussa, ja toteavat visualisoinnin parantavan tiedonvälitystä ja perehdytyksiä. Olennainen kysymys lienee esimerkiksi se, alkavatko tilaajatahot vaatia esimerkiksi alue- ja liikennejärjestelysuunnitelmia tietomallipohjaisina. Koska turvallisuus on mitä suurimmissa määrin jokapäiväistä kenttätöötä, siinä käytettävien tietomallityökalujen on oltava helppokäyttöisiä ja nopeita.

7.5 Kehitystarpeet kohdeyrityksessä

Kohdeyrityksen kehitystarpeista kiireellisimpiä ovat luvussa 6.2 mainittujen keskeisten käytännön ongelmien ratkaiseminen. Toinen keskeinen seikka on mahdollistaa uusien käyttökohteiden (luku 6.3) hyödyntäminen ja valmistautua niihin tuotannonhaukseen kohdistuviin muihin muutoksiin, joita edeltävissä alaluvuissa on käsitelty. Tämä kaikki ei kuitenkaan onnistu ilman riittävää resursointia, jonka puutteellisuuteen haastatteluissa kiinnitettiin huomiota.

Näin ollen välittömästi tarvittavina toimenpiteinä voidaan pitää ainakin seuraavia:

1. Tietomallien kehitystoiminnan resursointi;
2. Soveltuvien kenttätyökalujen hankkiminen;
3. Parempien ohjelmistojen kehittäminen;
4. Koulutus tietomallityökalujen käyttöön jokapäiväisessä työssä.

Keskipitkän aikavälin kehitystoimenpiteinä tarvittaisiin seuraavia:

1. Yleisen ymmärryksen tietomallintamisen mahdollisuuksista lisääminen;
2. Tuotannonohjausmenetelmien päivittäminen;
3. Koulutus uusiin tuotannonohjausmenetelmiin ja työkaluihin.

Kuten mainittua, riittävä resursointi on ensimmäinen edellytys. Gann ja Salter (2000) varoittavat siitä, että kehityskustannusten kohdistaminen suoraan projekteille saattaa pahasti haitata kehitystyötä, jota ei nähdäkään projektille lisäarvoa tuovana vaan sitä haittaavana tekijänä (s. 968). Davies ja Harty (2013) toteavat nimenomaan tietomallien yhteydessä, että tarvitaan riittävästi vapaata resurssia, joka voi keskittyä uusien asioiden kehittämiseen, jotta jotakin uutta syntyisi. Tätä taustaa vasten näyttää selvältä, että tietomallitoiminnan kehittämiseen pitäisi varata riittävästi henkilöresursseja ja myös budjetoida toiminta, mihin myös Succarin maturiteettimallissa (luku 7.2) kiinnitetään huomiota.

Työmaan työnjohdon ja sen myötä käytännön tuotannonohjauksen kannalta ehdoton välttämättömyys on saada työnjohtajien käyttöön riittävän nopeasti ja varmatoimisesti kenttäolosuhteissa toimivat työkalut tietomallien tarkasteluun ja maastopai-
kantamiseen; tämä nousi esille kaikissa haastatteluissa. Osaltaan tämä tarve johtuu koneohjauksen käytöstä, mutta tietomallien käyttö ei voi muutenkaan kehittyä, ellei siihen ole käytännön mahdollisuuksia. Tietomallien käytön on oltava työmaan olo-
suhteissa vähintään yhtä helppoa kuin paperisten suunnitelmakuvien tulostaminen ja käyttö, muutoin niiden koetaan vain haittaavan työntekoa. Kuten luvussa 7.2 laitteistojen osalta todetaan, on päästävä standardoituihin ja selkeästi budjetoitaviin laitteisiin.

Edelliseen liittyy elimellisesti myös ohjelmistojen kehittäminen riittävän helppokäyt-
töisiksi, nopeiksi ja työmaan tarpeita vastaaviksi, ja samoista syistä. Daviesin ja Har-
tyn (2013) tapaustutkimuksessaan kuvaamassa onnistuneessa tietomallien käyttöko-
keilussa työmaalla tablettitietokoneita käytettiin työmaalla liikuttaessa stand-alone-
tilassa ja synkronoitiin sitten malliin toimistolla (s. 17), mikä osaltaan tukee sitä, et-
tä yhteistyötä ohjelmistotoimittajan kanssa kannattaa viedä tähän suuntaan, kuten

oli jo toimittajan kanssa sovittu. Stand-alone -toiminnolla vähennetään merkittävästi huonojen verkkoyhteyksien aiheuttamia ongelmia, jotka kohdehanketta piinasivat. Myös tietomallin yhteyteen koottavan tiedon linkittämistä tietomalliin ja arkistoinnista on kehitettävä niin, että laadunvarmistuksen entistä suurempi mallipohjaisuus on mahdollista toteuttaa. Vasta tällöin voidaan ajatella päästävän Succarin maturiteettimallissa laitteistojen osalta eteenpäin.

Edellisiin kohtiin liittyy, kuten Succarin maturiteettimallissakin, myös koulutus. Toisaalta pelkkä koulutus ilman, että ohjelmistot ja laitteistot ovat sillä tasolla, että niistä on apua käytännön työtehtävien hoitamiseen, on riittämätöntä eikä palvele tarkoitustaan. Koulutuksen päämääränä tulisi olla saattaa tietomalliosaaminen yli päätänsä sille tasolle, että niitä voidaan tehokkaasti hyödyntää jokapäiväisessä työssä ja antaa mahdollisuudet jatkokehitykselle ja -käytölle. Ohjelmistojen käytöstä työmaalla tulee tulla rutiinia, ei erillinen osa toimintaa.

Tarkasteltaessa asioita hieman pidemmällä aikajanteella työmaahenkilöstön, mutta erityisesti kohdeyrityksen ja sen yksiköiden johdon, ymmärrystason kohottaminen tietomallien osalta on tarpeellista. Sekä todellinen nykytila, tulevaisuuden mahdollisuudet, niiden asettamat vaatimukset kuin myös riskit on syytä ymmärtää. Tämä on tärkeää jo siksi, että ei syyllistyttäisi itsesumutukseen tai liioitteluun markkinoilla (vertaa luku 2.3). On myös varsin epätodennäköistä, että tietomallintamisen tarjoamat mahdollisuudet saadaan hyödynnettyä, mikäli niiden olemassaolosta ei olla tietoisia. Kuten luvussa 7.2 todeaan, johdon pitäisi luoda yhtenäinen näkemys ja strategia tietomallien eteenpäinviemiseksi; tämän tutkimuksen tulisi osaltaan toimia pohjana sille, ja toivottavasti nostaa tietämyksen tasoa kohdeyrityksessä.

Koska kuten edellisessä alaluvussa todetaan, tietomallintaminen kohdistaa muutos-paineita kaikkiin tuotannonohjauksen osa-alueisiin, koko kohdeyrityksen ydinprosessia Y3 ja siinä esitettyä prosessikuvausta siihen liittyvine tuotannonohjausmenetelmineen on syytä tarkastella ja päivittää tietomallien tuomia muutoksia silmällä pitäen. Tämä liittyy oleellisesti myös Succarin maturiteettimallin ohjeistusta ja määräyksiä koskevaan osioon. Siirtymistä täysin tietomallipohjaiseen toimintaan ei tulle nopeassa aikataulussa tapahtumaan, mutta nämä muutokset eri osa-alueille kuin kokonaisuuttakin koskien on syytä miettiä jo etukäteen, jotta ohjausjärjestelmä ei jää jälkeen, ja jotta muutos pysyy paremmin hallinnassa. Tällä hetkellä Y3 – Rakentamisen prosessi -opas ei käsittele tietomallintamista millään tavalla. Järjestelmän olisi syytä olla sellainen, että tietomallit voidaan ottaa tukemaan nykyisiä toimintoja osa-alue kerrallaan.

Keskipitkän aikavälin koulutustavoitteena tulee olla edellä mainittujen, tietomallintamisen kokonaisvaltaisemman käytön mahdollistavien toimintatapojen vieminen koko organisaatioon. Kaikilla toimihenkilöillä tulisi olla riittävät valmiudet perustyökalujen käyttöön, ja käsitys siitä, mitä tietomallintaminen kokonaisuudessaan tarkoittaa. Niin sanotusti kärkijoukoilla tulee lisäksi olla osaaminen, resurssit ja mahdollisuudet toiminnan kehittämiseen eteenpäin ja uusille osa-alueille.

8. TULOSTEN TARKASTELU

8.1 Vastaukset tutkimuskysymyksiin

Yhteenvedona edellisestä luvusta voidaan todeta, että tietomallintaminen kohdistaa muutospaineita kaikkiin maarakentamisen tuotannonohjauksen osa-alueisiin. Sitä, miten laajoja muutokset tulevat olemaan, ja millä aikataululla ne toteutuvat, on vaikea ennustaa. Voimakkaimmat ja välittömimmät muutokset näyttävät olevan määrien laskennassa ja hallinnassa ja laadunhallinnassa. Riskienhallinta, työnsuunnittelu ja resurssimitoitus ja siihen liittyvä aikataulutusta sekä käyttö kokouksissa ja palaverissa nousivat kohdehankkeella seuraaviksi todennäköisiksi käyttökohteiksi.

Näin ollen muutosten voidaan jollain aikavälillä odottaa koskettavan kaikkia kohdeyrityksen tuotannonohjauksen osa-alueita ja myös prosessia kokonaisuutena. Vakavana puutteena projektihenkilöstöltä puuttuu tällä hetkellä käytännön työkaluja tietomallien käyttämiseen jokapäiväisessä työssä. Yleisessä ymmärtämyksessä siitä, mitä tietomallit ovat ja mitä niiden avulla voidaan ja on tarkoitus saavuttaa, on myös paljon kehitettävää. Asia vaikuttaa kaikenkaikkiaan olevan niin uusi, että käsitteet siitä ovat jäsentymättömiä.

Välittömästi tarvittavia toimenpiteitä ovat tietomallitoiminnan riittävä resursointi, työnjohdon koulutustyökalujen hankkiminen, ohjelmistojen kehittäminen ja koulutus tietomallityökalujen päivittäiseen käyttöön. Lisäresursointi näyttää välttämättömältä toiminnan viemiseksi eteenpäin ylipäättään. Ilman käytännön työkaluja ja niiden käytön muodostumista rutiiniksi toiminta työmaalla ei onnistu.

Keskipitkän aikavälin kehitystarpeita ovat yleisen ymmärtämyksen lisääminen siitä, mitä kaikkea tietomallit ovat ja mitä niillä voidaan saada aikaan, tuotannonohjausmentelmien päivittäminen tietomallien hyödyntämisen sisältäviksi ja laajempi koulutus uusien työkalujen ja menetelmien käyttöön. Näitä toimenpiteitä tarvitaan, jotta kohdeyritys kokonaisuudessaan voi tehokkaasti hyödyntää tietomallintamista tulevaisuudessa. Tietomallien käytön laajuus ja kehityssuunta riippuu kuitenkin paljon myös tilaajatahoista.

Työssä on onnistuttu tunnistamaan laaja joukko suurten väylähankkeiden tuotannonhajakseen muutosaineita aiheuttavia tietomallintamisesta seuraavia osatekijöitä. Niiden vaikutusten lopullinen laajuus ja aikataulu ovat kuitenkin vaikeasti arvioitavissa ja riippuvat monista tekijöistä, etenkin tilaajien tahtotilasta ja haluista tietomallien käytön ja kehityksen suhteen. Tarkkoja arvioita on näin ollen mahdoton antaa.

Haastattelujen ja kirjallisuuden perusteella voitiin määritellä muutama välttämätön toimenpide tietomallitoiminnan eteenpäinviemiseksi, mutta kovin yksityiskohtaista sisältöä niille on vaikea tämän työn puitteissa määrittää. Näin ollen toimenpidesuositukset jäävät ylätasoisiksi aivan kohdetyömaan välittömään tarpeeseen kohdistuvia seikkoja lukuun ottamatta. Toimenpidealueet ja toimenpiteiden tarpeellisuus on kuitenkin voitu todeta, ja koska työn tarkoituksena on toimia pohjana kohdeyrityksessä myöhemmin tehtävällä tarkalle toimintasuunnitelmalle, tätä tarkoitusta se hyödyttää.

8.2 Kritiikki ja heikkoudet

Työ on tehty yhteen hankkeeseen kohdistuvana tapaustutkimuksena, mistä luonnollisesti seuraa rajoituksia tulosten yleistettävyyden suhteen. Tutkimuksessa ei haastateltu kaikkia kohdejoukon jäseniä, jolloin joitakin näkökulmia saattoi jäädä tästä syystä tulematta kuulluiksi; koska haastatteluissa ei kuitenkaan olennaista uutta enää noussut esiin kun puolet kohderyhmästä oli haastateltu, tämä ei vaikuta todennäköiseltä. Yleisten työmaalla käytyjen keskustelujen perusteella haastattelujen otos vaikuttaisi kattavalta kohderyhmässään.

Haastattelukysymysten valinta olisi luonnollisesti voitu tehdä toisin, mahdollisesti kattavammin. Mikäli haastattelut olisi yksilöhaastattelujen sijaan toteutettu esimerkiksi pienryhmähaastatteluina, esiin ja keskiöön olisi saattanut nousta erilaisia asioita kuin nyt. Haastattelut haluttiin kuitenkin toteuttaa kohderyhmän jäsenten tavanomaisten työpäivien lomassa, joten erillisiä tilaisuuksia ei järjestetty.

Haastattelujen aloittaminen aina haastateltavan omaan työnkuvaan liittyvällä kysymyksellä saattaa ohjata turhan vahvasti keskittymään asiaan vain siltä kannalta eikä rohkaise ajattelemaan asiaa laajemmin. Näkökulmaa kyllä pyrittiin jatkokysymyksillä laajentamaan. Vastausten vertailun yksinkertaistamiseksi kaikki haastattelut kuitenkin noudattivat samaa peruskaavaa.

Työn aikana kävi ilmi, että Taylorin ja Bernsteinin (2009) tietomalliparadigmat eivät kovin hyvin sovellu tutkittavan kohteen analysointiin. Jokin vaihtoehtoinen

lähestymistapa olisi voinut olla paremmin soveltuva. Toisaalta tämä havainto myös tarjoaa kriittisen näkökulman Taylorin ja Bernsteinin (2009) ajatuksiin, ja siksi sitä ei ole työstä kokonaan poistettu.

Kuten luvussa 2.4 todetaan, tässä työssä on käsitelty tietomalleja ja koneohjausta monin paikoin yhtenä kokonaisuutena. Periaatteessa ovat toisistaan erillisiä eikä kumpikaan ole vaatimus toiselle. Näiden tiukkaa erittelyä ei työn tavoitteiden näkökulmasta ole pidetty kuitenkaan tarpeellisena, mutta tutkimusnäkökulmasta ero tietenkin on olemassa.

8.3 Huomioita aiempaan kirjallisuuteen verrattuna

Yleishuomio kirjallisuudesta on, että siinä, missä työmaalla koettiin koneohjauksen olevan yksi merkittävimmistä tietomallien tuomista eduista, siihen ei ainakaan tätä työtä varten läpi käydyssä kirjallisuudessa ole kiinnitetty juuri lainkaan huomiota. Osittain tämä johtuu tietenkin siitä, että valtaosa kirjallisuutta käsittelee, kuten todettua, talonrakennusta, missä koneohjaus ei näyttele merkittävää roolia, toisin kuin tienrakennuksessa, missä se on viime aikojen merkittävimpiä edistysaskeleita.

Havainnot työmaalta tukevat vahvasti Daviesin ja Hartyn (2013) käsitystä siitä, että tietotekniset innovaatiot näyttäisivät edistyvän parhaiten vahvojen itsenäisten hankkeiden, joilla on riittävät omat resurssit kehitystyöhön suoraan työmaarajapinnassa, eteenpäin viemänä. Kuitenkin, kuten Davies ja Harty (2013) toteavat, tarvitaan riittävästi vapaata resurssia, jolta liikenee aikaa tehdä kehitystyötä, jotta kehitystä tapahtuu. Myös keskusteluissa työmaalla nousi esille se, että tietomallille löytyisi varmaankin uusia käyttökohteita ja tapoja hyödyntää sitä, mikäli sen kanssa ehtisi enemmän touhuta; toisaalta tämä toki edellyttää myös työkalujen, laitteiden ja ohjelmistojen, saamista sille tasolle, että käyttäminen on riittävän helppoa ja mielekästä. Samoin Gann ja Salter (2000) kiinnittävät huomiota kehityskustannusten kohdistamiseen yksittäisille projekteille (s. 968).

Työmaalla todettu käytännön tietomallityökalujen puutteellisuus kertoo siitä, että tilanne niiden osalta ei ole paljonkaan parantunut esimerkiksi Sacksin et al. sekä Gun ja Londonin vuoden 2010 tuloksista. Tämä on koko toimialaa koskettava seikka, ja jarruttaa vahvasti käyttöönottoa. Vaarana on myös monien yhden asian työkalujen, jotka eivät laajemmin sovellu yhteen, tulo markkinoille, joka voi entisestään sekavoittaa kenttää.

Lidholm ja Junnonen (2012) sivuuttavat infrahankkeen tuotannonhallinnasta kertoessaan työaikaiset liikennejärjestelyt, kierto- ja työmaatiet lähes kokonaan, vaikka

ne useissa infrahankkeissa ovat merkittävä ja välillä jopa määräävä tekijä tuotantoa suunniteltaessa ja hallittaessa niin massansiirtojen, aikataulutuksen kuin turvallisuudenkin osalta. Sivulla 19 mainitaan ”yleinen liikenne” massansiirron reitteihin katkoja aiheuttavana tekijänä ja ”liikenteelliset syyt” alueiden aikataulutukseen vaikuttavana seikkana, mutta muutoin liikennejärjestelyistä ei juuri puhuta. Turvallisuuttakin käsittelevässä osiossa siihen viitataan lähinnä lakien ja määräysten tasolla. Kuitenkin monissa infrahankkeissa juuri työnaikaiset liikennejärjestelyt muodostavat merkittävän osan koko hankkeen läpiviennin varmistamisesta, ja kietoutuvat monimutkaisella tavalla aikataulutukseen ja massansiirtoihin.

Maturiteettimallien, jotka on kehitetty pitkälti talonrakennuksen puolelta saaduilla kokemuksilla, toimiminen infrarakentamisessa ei ole lainkaan selvä asia. Taylorin ja Bernsteinin (2009) tietomalliparadigmat eivät välttämättä suomalaisella maarakennusalalla ole kaikki relevantteja, koska lähtökohdat heidän käyttämäänsä aineistoon ovat kovin erilaiset. Visualisointiparadigma ei näyttele merkittävää osaa, koska lähtökotainen vaatimustaso vastaa enemmänkin analyysiparadigmaa. Tuotantoketjun integraatio ei taas näyttele infrarakentamisessa yhtä merkittävää osaa kuin talonrakennuksessa. Näin ollen Taylorin ja Bernsteinin (2009) paradigmat eivät suomalaisella maarakennusalalla näyttäisi toimivan sellaisena kehityskulkuna kuin he sen esittävät.

Succarin (2009) maturiteettimallin tausta-ajatuksena oleva kehityskulku mallin tasolta toiselle ei sekään tullessa suomalaisella maarakennusalalla toteutumaan sellaiseenaan, koska kehityksen moottorina ovat tilaajatahon vaatimukset. Tilaajan vaatimukset saattavat sisältää elementtejä, jotka Succarin mallissa kuuluvat aivan toiselle tasolle kuin missä toiminta muutoin on, jolloin tasot sekoittuvat, eikä siirtyminen tasolta toiselle tapahdu spontaanisti; tästä voi seurata sekin, että kokonaista siirtymää ei tule tapahtumaan ja kehitys jää, ainakin Succarin tarkoittamalla tavalla, keskeneräiseksi. Vähintäänkin tämä tarkoittaa, että sovellettaessa Succarin mallia saavutettu maturiteettitaso on helppo arvioida huomattavasti todellista korkeammaksi.

8.4 Aiheita lisätutkimuksille

Tietomallit infrarakentamisessa, etenkin juuri käytännön työssä työmaalla, on ylipäättänsä aihepiiri, joka kaipaa kipeästi lisää tutkimustietoa. Tietomallien käyttö ja sen vaikutukset rakentamisen prosesseihin tulee tulevaisuudessa tarjoamaan runsaasti aihetta tutkimukseen. Tältä osin tutkimus näyttäisi olevan vielä alkutekijöissään.

Kuten luvussa 8.3 todetaan, koneohjausta ei tietomallikirjallisuudessa sivuta juuri lainkaan. Selvästikin koneohjauksen rooli suhteessa tietomalleihin ja sen käyttö tietomallinnettavilla hankkeilla kaipaa kovasti lisätutkimusta. Tämä on aihepiiri, joka tarjonnee runsaasti opinnäytetyöaiheita tulevaisuudessa.

Kuten haastatteluissa ja pilottihankkeessa ilmeni, keskeinen ongelma on työmaan työnjohdon käyttöön soveltuvien tietomallityökalujen puute. Tällaisten työkalujen kehittämisessä on runsaasti aihetta niin tutkimukselle kuin käytännön työllekin. Työkaluja tulisi testata myös kenttäoloissa työmaalla.

Maturiteettimallien soveltaminen ja kehittäminen paremmin suomalaiseen maarakennusalaan soveltuviksi tarjonnee sekin hyvän kohteen tutkimukselle, kuten myös tarkempi perehtyminen siihen, miksi mallit eivät näytä oikein toimivan. Tässä olisi hyvä tilaisuus kriittiseen ja jo luotuja maturiteettimalleja analysoivaan tutkimukseen. Tämän työn perusteella vaikuttaa siltä, että nykyiset mallit vaativat kehitystyötä.

9. PÄÄTELMÄT

Tietomallintaminen on varsin uusi ja moniulotteinen asia, josta saadut kokemukset eivät vielä ole kovin laajoja niin Suomessa kuin ulkomaillaakaan. Aihetta käsittelevää kirjallisuutta on paljon, mutta pääpaino on useimmiten suunnitteluvaiheessa ja talonrakentamisessa; itse rakennusvaihetta ja infrarakentamista on käsitelty huomattavasti vähemmän. Aiheen uuttuutta ja monitahoisuutta kuvastaa sekin, että edes tietomallintamisen käsitteen sisältö ei ole kirjallisuudessa vielä vakiintunut.

Tietomallintamisella odotetaan saavutettavan merkittäviä edistyaskelia koko rakennusalan tuottavuudessa. Tietomallintamisen odotetaan jopa muuttavan koko alan tapaa toimia ja tuovan mukanaan uudenlaisia toteutusmalleja. Kehitys on kuitenkin riippuvaista monista tekijöistä, ennen kaikkea tilaajatahojen tahdosta, ja suomalaisen maanrakennusala poikkeaa monessa mielessä niistä talonrakentamisen esimerkeistä, joiden yhteydessä tietomallintamisen tulevaisuuden kehityskulkuja on hahmoteltu. Tietomallintaminen tuo etujensa lisäksi mukanaan myös omat uudenlaiset riskinsä.

Kohdehankkeella tehtyjen haastattelujen perusteella havaittiin, että tietomallintamista käytettiin jo aktiivisesti koneohjauksen eli työkoneautomaation apuna, mallipohjaisiin määrälaskentoihin ja sen myötä oli myös alempien rakennekerrosten laadunvalvontaa voitu keventää. Laadunvalvonnan ja mittaushenkilöstön työnkuvan muuttuminen oli havaittu myös jo aiemmin toteutetulla pilottiprojektilla (Ratia et al. 2014 s. 15). Yhteistyö suunnittelijan kanssa hankkeen aikana oli parantanut käyttöön saatujen tietomallien laatua huomattavasti, ja niiden koettiin tukevan koneohjausta erinomaisesti.

Suurimpia ongelmia tietomallintamisen käytössä ja jatkokehityksessä kohdehankkeella olivat käytännön työhön maastossa soveltuvien laitteiden ja ohjelmistojen puute, huonot langattomat verkkoyhteydet, ja se, että kohdehankkeen tietomallit itsessäänkin olivat keskeneräisiä. Soveltuvien ohjelmistojen puutteeseen on kiinnitetty huomiota myös kirjallisuudessa (Sacks et al. 2010, Gu & London 2010). Ongelmallisenä nähtiin myös tietomallintamisen kehityskustannusten kohdistuminen yksittäisille rakennushankkeille kohdeyrityksen sisällä. Haastattelujen yhteydessä havaittiin

myös, että monien haastateltavien käsitys siitä, mitä tietomallit ovat ja millaisia asioita niiden avulla voidaan tehdä oli melko epämääräinen ja selkiintymätön.

Tarkasteltaessa kohdeyritystä tietomallintamisen maturiteettimallien kautta voitiin todeta sen sijoittuvan Taylorin ja Bernsteinin (2009) koordinaatioparadigmaan ja Succarin (2009) tietomallikehyksessä objektipohjaisen mallintamisen tasolle. Tutkimusta tehtäessä asettui kyseenalaiseksi se, miten hyvin näiden mallien hahmottelema tietomallintamisen kehityskulku soveltuu suomalaiselle maanrakennusalalle. Joka tapauksessa maturiteettimallien pohjalta voidaan todeta, että tietomallintamisen käyttöönotto on vielä varsin alkutekijöissään niin kohdeyrityksessä kuin alalla yleensä, kun ajatellaan kohdeyrityksen kuitenkin sijoittuvan alan kärkijoukkoon.

Tietomallintamisen todettiin kohdistavan muutospaineita kaikkiin tunnistettuihin infrarakentamisen tuotannonohjauksen osa-alueisiin. Helpottuva massatietojen saaminen parantaa jo ensi vaiheessa suoraan massatalouden, aikataulujen ja kustannusten hallintaa. Myös laadunhallinta on vahvassa murroksessa, jonka suuruus ja nopeus riippuu kuitenkin olennaisesti tilaajien tahtotilasta asian suhteen. Koska urakoitsijan ei ole järkevää tehdä asioita kahteen kertaan, sekä tietomallin avulla että perinteisellä tavalla, mikäli tilaaja vaatii jälkimmäistä, monien osa-alueiden kehitys riippuu hyvin vahvasti tilaajien tahdosta.

Välittömästi tarvittaviksi toimenpiteiksi tunnistettiin tietomallitoiminnan riittävä resursointi, soveltuvien kenttätyökalujen hankkiminen ja ohjelmistojen kehittäminen sekä koulutus näiden jokapäiväiseen käyttöön. Nämä toimenpiteet ovat välttämättömiä jo nykyisen työmaatoiminnan varmistamiseksi. Keskipitkän aikavälin toimenpiteitä ovat yleisen ymmärryksen tietomallintamisen tarjoamista mahdollisuuksista lisääminen, tuotannonohjausmenetelmien päivittäminen ja kattava koulutus uusiin menetelmiin ja työkaluihin.

Työssä on tarkasteltu kohdeyrityksen tämänhetkistä tietomallitoimintaa keihäänkärkiasemassa olevan kohdehankkeen ja nykyisen tuotannonohjausjärjestelmän kautta, ja niitä muutospaineita, joita tietomallintaminen suurten infrarakennushankkeiden tuotannonohjaukseen kokonaisuudessaan kohdistaa. Näiden tarkastelujen pohjalta on voitu tunnistaa edellä mainitut yleiset kehityskohteet. Työ tarjoaa taustan ja lähtökohdan kohdeyrityksessä myöhemmin laadittavalla yksityiskohtaiselle kehityssuunnitelmalle.

LÄHTEET

- Alhava, O., Laine, E. & Kiviniemi, A. 2015. Intensive Big Room process for co-creating value in legacy construction projects. *Journal of Information Technology in Construction*, 20, ss. 146-158.
- Aranda-Mena, G., Crawford, J., Chevez, A. & Froese, T. 2009. Building information modelling demystified: does it make business sense to adopt BIM? *International Journal of Managing Projects in Business*, 2 (3), ss. 419-433.
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C. & O'Reilly, K. 2011. Technology adaption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in Construction*, 20, ss. 189-195.
- Azhar, S. 2011. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11, ss. 241-252.
- Barlish, K. & Sullivan, K. 2012. How to measure the benefits of BIM - A case study approach. *Automation in Construction*, 24, ss. 149-159.
- Becerik-Gerber, B. & Rice, S. 2010. The perceived value of building information modeling in the U.S. building industry. *Journal of Information Technology in Construction*, 15, ss. 185-201.
- Bryde, D., Broquetas, M. & Volm, J. M. 2013. The project benefits of Building Information Modelling (BIM). *International Journal of Project Management*, 31, ss. 971-980.
- Chau, K.W., Anson, M. & Zhang, J.P. 2003. Implementation of visualization as planning and scheduling tool in construction. *Building and Environment*, 38, ss. 713-719.
- Davies, R. & Harty, C. 2013. Implementing 'Site BIM': A case study of ICT innovation on a large hospital project. *Automation in Construction*, 30, ss. 15-24.
- Dossick, C.S & Neff, G. 2010. Organizational Divisions in BIM-Enabled Commercial Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136 (4), ss. 459-467.
- El-Mashaleh, M., O'Brien, W.J. & Minchin, E.Jr. 2006. Firm Performance and Information Technology Utilization in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(5), ss. 499-507.
- Gann, D.M. & Salter, A.J. 2000. Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex bodies and systems. *Research Policy*, 29, ss. 955-972.
- Gu, N. & London, K. 2010. Understanding and facilitating BIM adoption in the

- AEC industry. *Automation in Construction*, 19, ss. 988-999.
- Hartmann, T., van Meerveld, H., Vossebeld, N. & Adriaanse, A. 2012. Aligning building information model tools and construction management methods. *Automation in Construction*, 22, ss. 605-613.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2011. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Gaudeamus Helsinki University Press, Oy Yliopistokustannus. 213 s.
- Jung, Y. & Joo, M. 2011. Building information modelling (BIM) framework for practical implementation. *Automation in Construction*, 20, ss. 126-133.
- Khosrowshahi, F. & Arayici, Y. 2012. Roadmap for implementation of BIM in UK construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19 (6), ss. 610-635.
- Liikennevirasto. 14.2.2014. Liikennevirasto edistää inframallintamisen käyttöönottoa. [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/urakoitsijat_suunnittelijat/tietomallit/Liikennevirasto_edistaa_inframallintamisen_kayttoonottoa#.VXVZdaHhntQ] Luettu 10.4.2015.
- Lindholm, M. & Junnonen, J-M. 2012. Infrahankkeen tuotannonhallinta. Helsinki, Suomen Rakennusmedia Oy. 156 s.
- Love, P.E.D., Simpson, I., Hill, A. & Standing, C. 2013. From justification to evaluation: Building information modeling for asset owners. *Automation in Construction*, 35, ss. 208-216.
- Miettinen, R. & Paavola, S. 2014. Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, 43, ss. 84-91.
- Mäkelä, H. 1.4.2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 julkistetaan 5.5.2015. [<http://www.infrabim.fi/yleiset-inframallivaatimukset-yiv-2015-julkistetaan-toukokuussa/>] Luettu 10.4.2015.
- Penttilä, H. 2006. Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression. *Journal of Information Technology in Construction*, 11, ss. 395-408.
- Porwal, A. & Hewage, K. N. 2013. Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in Construction*, 31, ss. 204-214.
- Ratia, K., Karjalainen, A., Heikkilä, R., Parantala, S., Kaaranka, A. & Sivonen, M. 2014. VT8-BIM, Sepänkylän ohitustie. Pilotin loppuraportti. Sisäinen raportti. Built Environment Process Re-Engineering PRE Infra FINBIM. 15 s.
- RT 10-10992. 2010. Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. Rakennustietosäätiö RTS. 13 s.

- Sacks, R., Radosavljevic, M. & Barak, M. 2010. Requirements for building information modeling based lean production management system for construction. *Automation in Construction*, 19, ss. 641-655.
- Serén, K. (toim.) 2014. *InfraBIM-sanasto*. Versio 0.7. Helsinki, Eurostep Oy. 49 s.
- Shou, W., Wang, J., Wang, X. & Chong H.Y. 2014. A Comparative Review of Building Information Modelling Implementation in Building and Infrastructure Industries. *Archives of Computational Methods in Engineering*, julkaistu verkossa 8.8.2014. DOI 10.1007/s11831-014-9125-9. 18 s.
- Skanska in brief. 22.4.2015. [<http://group.skanska.com/globalassets/about-us/skanska-in-brief/skanska-in-brief.pdf>]. Luettu 21.5.2015.
- Snellman, S. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015 Osa 5. Rakennemallit; Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päällys- ja pintarakenteet, 5.2 Maanrakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje. *BuildingSMART Finland*. 23 s.
- Succar, B. 2009. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), ss. 357-375.
- Succar, B. 2010. Building Information Modelling maturity matrix. Underwood, J. & Isikdag, U. (toim.). *Handbook of research on Building Information Modelling and construction informatics: concepts and technologies*. Information Science Reference, IGI Publishing, ss. 65-103.
- Succar, B. 6.6.2011. Episode 16: Understanding BIM Wash. [<http://www.bimthinkspace.com/2011/06/episode-16-understanding-bim-wash.html>] Luettu 31.3.2015.
- Sulankivi, K., Mäkelä, T. & Kiviniemi, M. 2009. Tietomalli ja työmaan turvallisuus. Tutkimusraportti. VTT-R-01003-09. 71 s.
- Taylor, J.E. & Bernstein, P.G. 2009. Paradigm Trajectories of Building Information Modeling Practise in Project Networks. *Journal of Management in Engineering*, 25, ss. 69-76.
- Wong, A.K.D., Wong F.K.W. & Nadeem, A. 2010. Attributes of Building Information Modelling Implementations in Various Countries. *Architectural and Design Management*, 6, ss. 288-302.
- Y3 - Rakentamisen prosessi. 2013. Helsinki, Skanska Oy. Sisäinen ohje. 35 s.